Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Manutenção Elétrica Industrial

Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial
Faculdade SENAI de Ensino Superior
SENAI Itajaí, SC.

SUMÁRIO

1- ISOLANTES

1.1 – ISOLANTES E DIELÉTRICOS:

São substâncias nas quais, ao contrário dos condutores, os elétrons estão fortemente ligados ao núcleo do átomo.

Podem-se mencionar mais de vinte propriedades que deveriam ter os materiais isolantes para que atendessem plenamente a todas as exigências impostas pelas máquinas elétricas.

Nenhum dos materiais conhecidos até o momento é capaz de atender a todas as exigências elétricas e mecânicas necessárias para ser considerado um isolante perfeito.

Considerações:

a) A característica Isolante está relacionada com a habilidade de limitar o fluxo da Corrente. Está relacionada com a Resistividade do Material e as características do campo elétrico.

b) Um material dielétrico deve também ser um meio isolante, mas suas propriedades são descritas por sua constante dielétrica, rigidez dielétrica, absorção dielétrica e fator de potência.

c) Portanto, como um dielétrico deve possuir algumas propriedades de um isolante, e vice-versa, ambos os termos costumam ser usados indistintamente.

d) A propriedade isolante está mais associada à função que o material deve atender para uma dada situação.

e) Assim, um dielétrico com diferentes espessuras, ou usado em diferentes temperaturas, freqüências ou intensidade de campo elétrico, poderá ser ou não um isolante adequado.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS ISOLANTES

CLASSE TÉRMICA	T° DO PONTO MAIS QUENTE (° C) *	MATERIAIS OU COMBINAÇAÃO DE MATERIAIS
O	90	Algodão, Seda e Papel não impregnados
A	105	Algodão, Seda e Papel adequadamente impregnados, envolvidos ou imersos em dielétrico líquido (Óleo)
B	130	Mica, Fibra de vidro, Asbesto, etc., com substâncias aglutinadas adequadas para operação com 130 °C
F	155	Mica, Fibra de Vidro, Asbesto, etc., com substâncias aglutinadas adequadas para operação com 155 °C
H	180	Elastômero de Silicone, Mica, Fibra de vidro, Asbesto, etc., com substâncias aglutinadas adequadas tais como resinas e outros materiais com capacidade de operação em 180 °C
–	220	Materiais em que a experiência ou os testes de aceitação mostrem que são adequados para operar a 220 °C
C	Acima de 220	Isolação que consiste inteiramente de mica, porcelana, vidro, quartzo ou materiais orgânicos similares capazes de operar com temperaturas acima de 220 °C

* Obs.: A *temperatura do ponto mais quente* é o valor com que os materiais de cada classe de temperatura podem operar continuamente sem apresentar degradação indevida.

Basicamente existem 3 (três) tipos diferentes de dielétricos: **Gasosos, líquidos e sólidos**. O mecanismo de ruptura para cada um desses três tipos será apresentado na seqüência.

Muitos dielétricos são combinações desses três tipos, como papel (dielétrico sólido) impregnado com óleo (dielétrico líquido).

1.1.1 – Dielétricos Gasosos:

Dos três tipos básicos de dielétricos, o mecanismo de ruptura dos gasosos é o mais fácil de entender. Isto se deve ao fato de possuírem uma estrutura atômica e molecular relativamente simples.

A. Ionização

Quando se aplica um campo elétrico a um gás, há uma força tendendo a atrair os núcleos dos átomos para o eletrodo negativo e os elétrons para o eletrodo positivo. Isto acontece também com os elétrons e íons positivos livres existentes nos gases. Como a tensão aplicada inicialmente é pequena, a corrente inicial será pequena também. Entre os pontos “a” e “b” (ver figura 1), não há aumento de corrente, apesar de a tensão crescer. Quando o campo é aumentado (a partir do ponto “b”) os elétrons livres adquirem velocidades maiores e ao colidirem com átomos neutros, muitos elétrons desses átomos saem de suas órbitas e são separados dos núcleos, sobrando mais íons positivos e elétrons livres. Esses elétrons produzem novos íons positivos e elétrons livres por sucessivas colisões. Esta ação é acumulativa e a corrente aumenta rapidamente quando a tensão atinge o ponto “c”.

Apesar dos elétrons possuírem uma massa muito menor que a dos íons positivos, eles gastam uma energia muito maior nas colisões, devido à sua velocidade ser maior.

No ponto “c” os íons positivos atingem velocidade suficiente para produzir novos íons e elétrons nas colisões, contribuindo na ionização e aumento da corrente. Este processo é chamado de **“avalanche de elétrons”**.

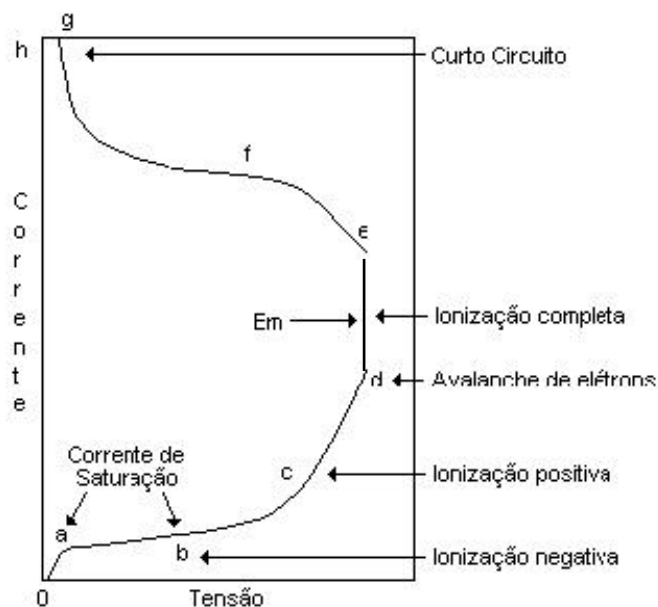



Figura 1 – Características de ionização e ruptura nos gases

B. Ruptura

- A região “d-e” da figura 1 é a região chamada de “ionização completa”. A tensão atinge seu valor máximo **Em**.

- Entre “e” e “f” o sistema elétrico torna-se instável (a corrente aumenta rapidamente mesmo diminuindo-se a tensão).
- Entre “f” e “g” a densidade de corrente chega a um valor muito alto, quando ocorre o estado de “curto-circuito”.

A corrente em “a” é da ordem de alguns micro-ampères e a corrente em “h” algo em torno de 10^8 vezes maior que a corrente em “a”. A tensão máxima Em depende da pressão e do espaçamento entre os eletrodos. Com ar a uma pressão de 76cm de Hg com 1cm de espaçamento entre os eletrodos, **Em** será da ordem de 30kV.

C. Lei de Paschen

A lei de Paschen, descoberta por ele mesmo em 1889, dá o potencial como função da massa de gás entre os eletrodos.

$$\mathbf{Es = f\,(p,d)}$$

Onde:

p - é a pressão absoluta.
d - é o espaço entre os eletrodos.

A figura 2 ilustra a lei de **Paschen** para o ar com altos valores de **“pd”.**

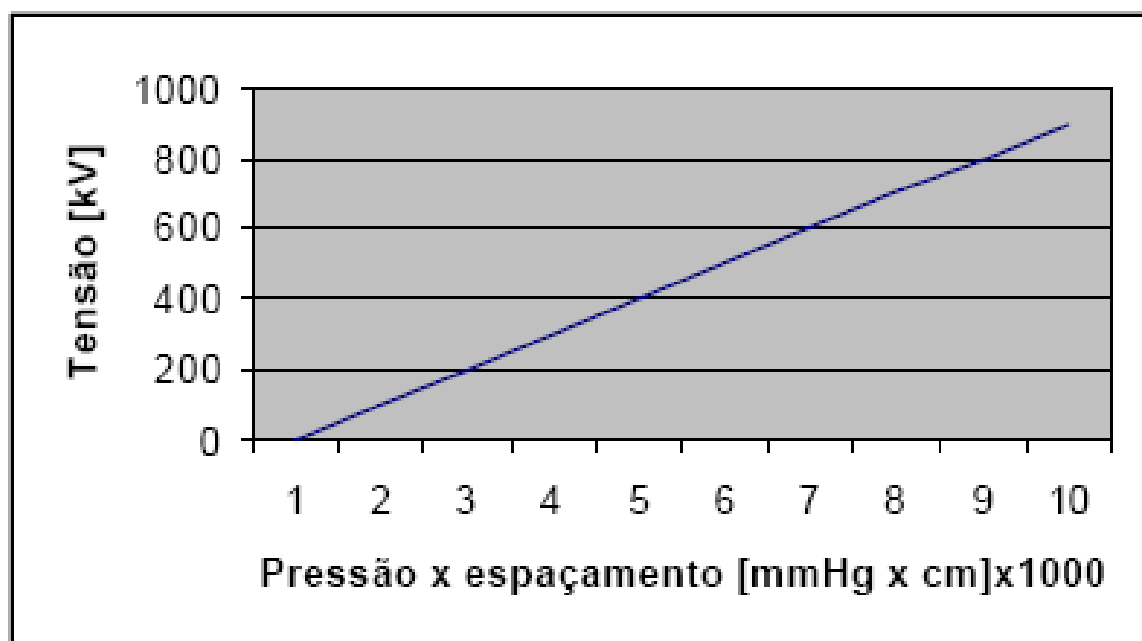



Figura 2 – Lei de Paschen para o ar com grandes valores de “pd”

1.1.2 – Dielétricos Líquidos:

Os óleos e askarels são praticamente os únicos dielétricos líquidos usados em componentes elétricos e serão considerados separadamente.

A. Óleos de Grande Pureza

Com tratamento especial, é possível remover praticamente todas as impurezas de um óleo.

Para produzir ruptura num óleo de grande pureza, é preciso que existam transmissões elétricas. Elas podem acontecer de dois modos:

1) Através dos íons naturais existentes no óleo;
2) Por emissão de elétrons do catodo sob alta tensão elétrica.

No campo elétrico intenso deve haver uma propagação dessas transmissões; os íons positivos indo para o eletrodo negativo e os íons negativos indo para o eletrodo positivo.

Isso contribui com uma pequena corrente de condução inicial. Sob a alta tensão elétrica alguns dos elétrons das órbitas dos átomos são desprendidos do núcleo e ficam livres, produzindo íons por colisão.

Quando ocorre a ruptura, um arco é formado dentro do líquido e, por algum tempo, as propriedades que protegem o óleo contra o calor são perdidas. O calor do arco no líquido carboniza o óleo e por fim as partículas de carbono se espalham pelo óleo, contaminando-o.
A tensão de ruptura (breakdown voltage – BDV) é também chamada de "tensão crítica".

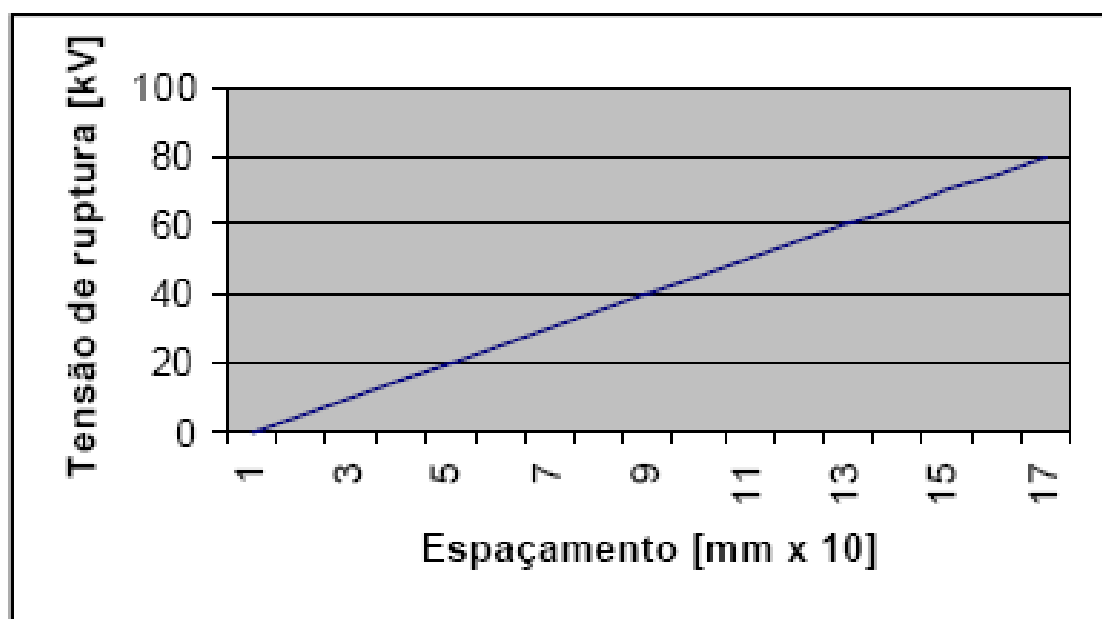



Figura 3 – Teste em óleo de grande pureza entre eletrodos esféricos

B. Óleos de Boa Pureza

O mecanismo de ruptura para óleos de boa pureza é exatamente igual ao dos óleos de grande pureza. As maiores quantidades de impurezas nestes óleos fazem com que as transmissões elétricas sejam aceleradas. Como conseqüência, íons são formados mais rapidamente através das colisões, atingindo a condição acumulativa a valores de tensão bem menores que nos óleos de grande pureza.

Esferas são mais freqüentemente usadas como eletrodos em testes de ruptura em óleos.

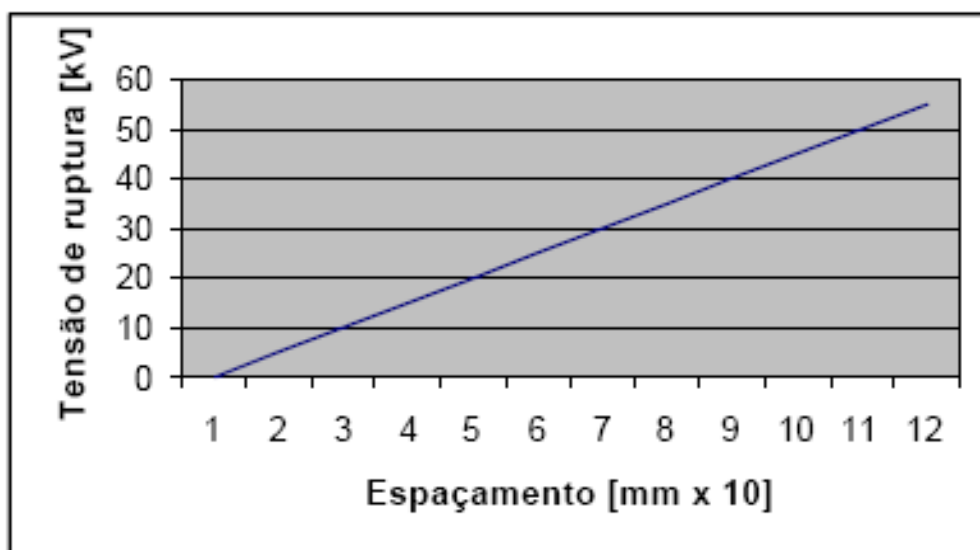



Figura 4 – Teste em óleo de boa pureza entre eletrodos esféricos

C. Askarels

Óleos minerais apresentam várias dificuldades, como os problemas no refinamento, a degradação em altas temperaturas e o fato de serem altamente inflamáveis. Existem líquidos sintéticos que não incendeiam, além de serem muito estáveis quimicamente, mas que também possuem ação de solvente em muitos dos materiais usados na construção de aparatos elétricos.

Nos Estados Unidos esses materiais são chamados “askarels”. Eles possuem várias composições diferentes e são conhecidos por vários nomes. O tipo usado pela General Electric, por exemplo, é chamado de “Pyranol”. Devido à alta constante dielétrica esses líquidos são muito usados em capacitores e devido à propriedade de não incendiaram, são altamente usados em transformadores.

A ruptura elétrica para os askarels é similar à dos óleos minerais, exceto pela sua composição química diferente, que faz com que exista uma diferença na proporção de elétrons e íons livres. Como nos óleos, sob uma grande tensão elétrica, haverá ionização por colisão, que se tornará acumulativa, culminando em uma avalanche de elétrons e por fim, em um arco.

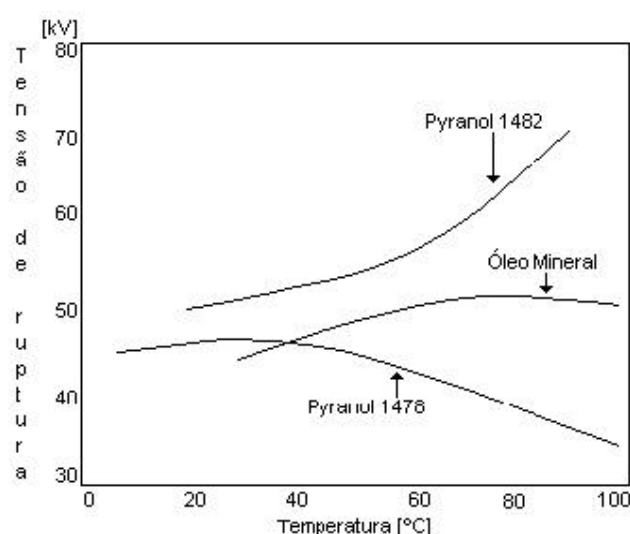



Figura 5 – Características de ruptura de óleos e pyrenol

1.1.3 – Dielétricos Sólidos:

Existem várias causas de ruptura em dielétricos sólidos e várias teorias relatando essas causas. Muitas vezes a ruptura é causada por efeitos externos, como exposição às altas temperaturas, produtos químicos e choques mecânicos. Isto pode produzir carbonização, quebra e degradação física e química do dielétrico.

As análises a seguir serão dirigidas às falhas causadas pelos efeitos das tensões elétricas e temperatura na estrutura física e molecular dos isolantes.

A. Ionização Interna

O isolante é destruído internamente, geralmente devagar, pelas descargas provocadas pela ionização de gases em espaços vazios.

B. Ruptura Intrínseca

As altas tensões elétricas separam elétrons dos átomos e estes se tornam carregadores de carga, produzindo corrente elétrica. Este processo é conhecido como "emissão de campo interno". Quando a tensão é aumentada, mais e mais elétrons são soltos até que a emissão de elétrons chega a um valor crítico, aumentando a corrente a grandes valores. Esta corrente é chamada de "densidade de corrente crítica", quando há um aumento grande na emissão, que culminará com uma avalanche de elétrons semelhante aos gases. Finalmente o processo resultará em um grande arco corrente e na ruptura do dielétrico.

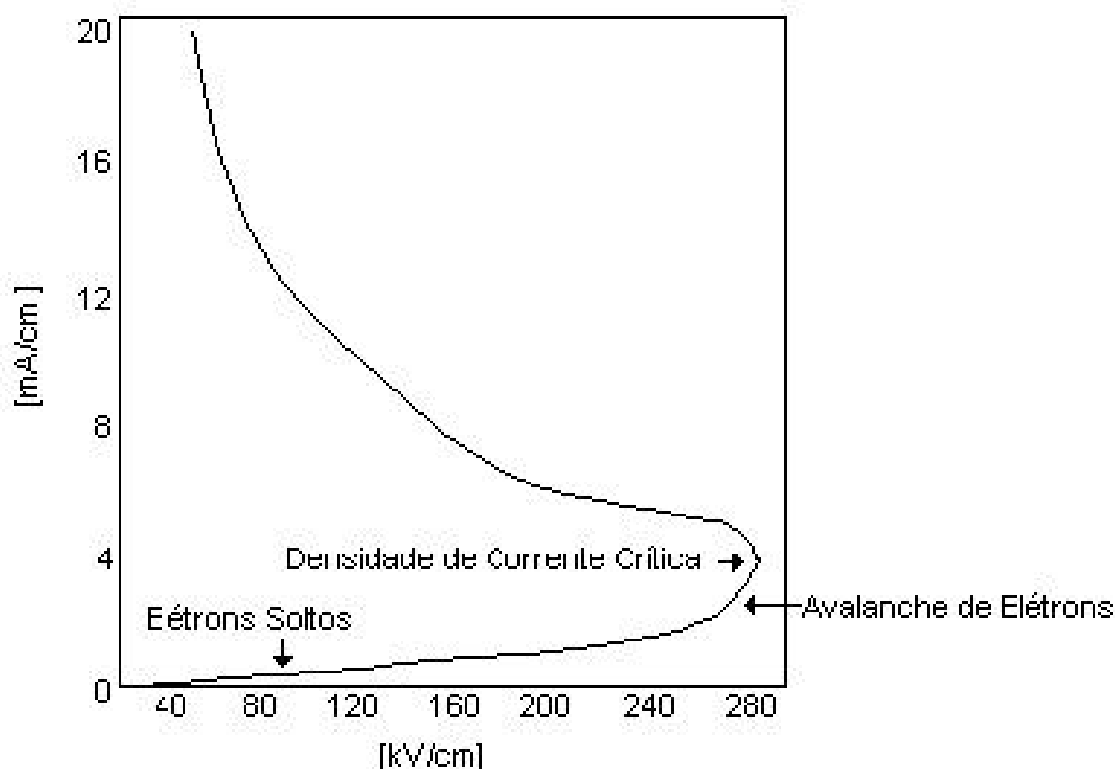



Figura 6 – Característica Volt-ampere de papel impregnado com óleo

C. Ruptura Térmica

Também chamada de **“teoria piroelétrica”**, diz que a ruptura é atribuída ao calor intrínseco do dielétrico, quando sob tensão elétrica.

O isolante possui um coeficiente de temperatura resistivo muito negativo. A resistência do isolante pode diminuir de 4 a 5% por grau Celsius aumentado na temperatura.

Com a resistividade do isolante caindo, permite-se um aumento da densidade de corrente, que por conseqüência aumentará a temperatura e o efeito se torna acumulativo.

Com a diminuição da resistência e o aumento irrestrito da corrente a temperatura pode chegar a causar uma degradação térmica no isolante, produzindo a ruptura.

1.2 – RIGIDEZ DIELÉTRICA:

Representa a capacidade que um material tem de suportar esforços elétricos sem sofrer danos. Pode ser definido como a maior tensão ***Ed***, à qual o material pode ser submetido sem perfurar. Para que exista a perfuração, é necessária, além da tensão, uma determinada quantidade mínima de energia.

$$Ed = \frac{Vd}{L}(kV/mm)$$

O valor de ***Ed*** é obtido, na prática, dividindo-se a tensão de perfuração ***Vd*** pela espessura do material ***L***. Apesar da simplicidade da fórmula, a determinação do resultado do teste é complexa, uma vez que é muito influenciado por fatores característicos do ensaio, tais como a espessura do material, formato dos eletrodos e da amostra, freqüência da tensão aplicada, temperatura, umidade, tempo de duração do ensaio etc.

1.2.1 – Característica da tensão aplicada:

Ensaios em amostras de diversos materiais têm mostrado que a curva de envelhecimento acelerado por tensão **Vcc** em função do tempo é relativamente horizontal, se comparada com a de **Vca**. Isso significa que um ensaio de tensão em **Vcc** é menos prejudicial que outro realizado com o mesmo nível de tensão em **Vca**.

1.2.2 – Tempo de duração do ensaio:

Os ensaios de tensão aplicada submetem os dielétricos a esforços consideráveis de fadiga, de forma que, se forem muito prolongados, o dielétrico poderá ser perfurado. Quanto maior for a tensão aplicada, menor será o tempo que a suportará sem perfurar.

1.2.3 – Espessura do material isolante:

A rigidez dielétrica não é proporcional à espessura do material; à medida que a espessura aumenta, a rigidez dielétrica média se reduz. Isso é um inconveniente principalmente para as altas tensões em que são requeridas grandes espessuras de material.

Não existe isolante perfeito, mas apenas bons isolantes.

1.3 – ÓLEOS ISOLANTES:

Os óleos isolantes têm como função o fornecimento de isolamento elétrico e a transferência de calor para o exterior. Como isolante elétrico, deverá substituir o ar entre as partes ativas e preencher todos os espaços vazios, tais como poros, rachaduras e gaps, e oferecer alta rigidez dielétrica e baixa condutividade. Para tanto, o líquido deverá ser pouco viscoso, de forma que possa penetrar facilmente pelos poros e dissolver bolhas de ar que por ventura tenham ficado presas. Por outro lado, se o líquido for muito viscoso, terá prejudicado sua característica como transmissor de calor.

Outras características importantes são:

- Baixa inflamabilidade;
- Baixa temperatura de congelamento;
- Alto índice de evaporação.

1.3.1 – Óleo mineral isolante:

Um dos primeiros e mais utilizados isolantes líquidos é o óleo mineral obtido da destilação do petróleo. Três tipos de óleos são comumente utilizados: naftênico, parafínico e o aromático. O óleo naftênico, derivado do petróleo naftênico, reúne as melhores propriedades como líquido isolante e foi utilizado quase que com exclusividade na última década. Devido à escassez do petróleo naftênico, (3 a 4% das reservas mundiais), foram desenvolvidos aditivos de forma a melhorar as características dos óleos parafínicos, principalmente no que se refere à fluidez, para poderem ser utilizados em regiões de inverno rigoroso (não congelarem). O óleo parafínico está sendo utilizado de forma crescente na Europa e América do Norte até o nível de tensão de 500kV.

1.3.1.1 – Características dos óleos minerais isolantes:

Todos os países industrializados dispõem de normas que definem as características mínimas exigidas dos óleos isolantes para que possam ser comercializados.

As principais características são:

Cor – A cor do óleo isolante é determinada pela comparação da luz emitida com cores padrões estabelecidos e numerados. Um óleo novo tem cor amarelo-pálido transparente. Uma alteração rápida da cor é uma indicação de deterioração, contaminação ou de ambas.

Ponto de Fulgor – É a menor temperatura a que o óleo precisa ser aquecido para que vapores liberados, ao misturar-se com o ar, resultem inflamáveis ao contato com a chama.

Ponto de Fluidez – É a temperatura mais baixa a qual, sob condições estabelecidas, o óleo isolante escoa. O ponto de fluidez não é muito significativo como indicativo de contaminação ou deterioração do óleo, mas é útil na identificação do tipo do óleo.

Densidade – A densidade do óleo isolante não é significativa como fator determinante da qualidade; no entanto, poderá ser útil em determinadas situações para usos específicos. Em regimes com invernos sumamente rigorosos, com temperaturas abaixo de zero grau, é possível a formação de gelo e em função de sua densidade, flutuar e provocar curtos-circuitos. A densidade dos óleos isolantes a 1,5 °C oscila em torno de 0,9.

Viscosidade – É a resistência que oferece ao escoamento contínuo sem turbulência, inércias ou outras forças. A viscosidade é normalmente medida pelo tempo que uma determinada quantidade leva para ser escoada através de um orifício com dimensões determinadas. A viscosidade não tem valor significativo na determinação das condições de contaminação do óleo; entretanto, tem importância significativa na determinação do tipo de óleo.

Ponto de Anilina – O ponto de anilina é a temperatura em que há a separação de anilina de uma mistura de anilina e óleo. O ponto de anilina indica a capacidade do óleo de dissolver materiais em contato com ele e seu conteúdo em aromáticos.

Tensão Interfacial – A tensão interfacial mede a força e atração entre as moléculas de óleo e água na superfície de contato. Essa força se expressa, normalmente em dinas/cm. A tensão interfacial é um ótimo detector da existência de contaminantes dissolvidos no óleo. Uma diminuição acentuada é um indicativo de contaminação ou deterioração do óleo.

Rigidez Dielétrica – É a propriedade de um dielétrico de se opor a uma descarga disruptiva; é medida pelo gradiente de potencial sob o qual se produz essa descarga. O teste de rigidez dielétrica revela a presença no óleo de agentes contaminantes tais como a água, sujeira e partículas condutoras. Existem dois métodos para testar a rigidez dielétrica: o de discos (NBR – 6869 e ASTM – D877) e o de esferas (ASTM – D1816). O método de esferas é preferido, em virtude de sua maior sensibilidade para teste de óleos novos e de boa qualidade. O método de discos é mais adequado para testes de óleo usado e de qualidade inferior. Uma rigidez dielétrica alta indica alta capacidade do óleo de resistir a esforços elétricos sem falhar.

Fator de Potência – O fator de potência é definido como o quociente entre as perdas consumidas em watts e os volt-ampéres, quando testados com tensão senoidal em condições determinadas. Incrementos elevados do fator de potência indicam contaminação ou deterioração por água, oxidações, partículas em suspensão, etc. Uma vez que as perdas aumentam com a temperatura, os testes de fator de potência devem ser referenciados a uma mesma temperatura. (20°C).

Índice de Acidez – A ASTN D-974 define o índice de acidez como a quantidade de base, expressa em miligramas de hidróxido de potássio, necessária para neutralizar os constituintes ácidos contidos em uma amostra de óleo mineral. A formação de acidez inicia-se logo após o óleo ser colocado no tanque do transformador. O efeito de agitação, produzido pela vibração eletromagnética, pancadas, e, especialmente o calor, acelera a deterioração em função do tempo. As diminutas partículas de água colaboram para a oxidação e formação de ácidos. Essa reação é catalisada pelo cobre dos enrolamentos.

1.3.1.2 – Influência da umidade nas características do óleo:

As propriedades elétricas dos isolantes diminuem com o passar do tempo. O fator principal, nos transformadores antigos, é a umidade que o óleo absorve do ar ambiente, devido às contrações e dilatações originadas por variações da carga ou da temperatura externa. Esse problema está minimizado com a nova tecnologia do pulmão de ar introduzido no tanque de expansão. Outra fonte de água procede de reações químicas da celulose dos enrolamentos. Uma isolação com 80% de envelhecimento pode ter produzido uma quantidade de água equivalente a 2% do peso dos isolantes sólidos. Se o óleo mantido em um container se mantiver em contato direto com o ar, produzir-se á uma migração de molécula do ar para o óleo ou vice-versa até alcançar o equilíbrio estável.

A água livre pode ser retirada facilmente por filtragem através de papéis absorventes. A água dissolvida apenas pode ser detectada por testes elétricos e análises químicas e só pode ser extraída por aquecimento e vácuo.

1.3.1.3 – Influência dos gases dissolvidos no óleo:

O óleo tem a propriedade de dissolver os gases com os quais mantém contato direto. A solubilidade é inversamente proporcional à viscosidade; o óleo de transformador pode dissolver a 25°C e 760 Torrs as seguintes percentagens em volumes de gases: ar (10,8%), Nitrogênio (9%), oxigênio (14,5%), dióxido de carbono (99%), Hidrogênio (7%) e metano (30%) em volume. O óleo utilizado em cabos elétricos, muito mais viscoso, tem uma dissolubilidade de ar em torno de 6%. A solubilidade de gases e a umidade aumentam com a pressão do gás na superfície do óleo.

1.3.1.4 – Recondicionamento físico do óleo:

Entende-se por recondicionamento do óleo a retirada de contaminantes por meios mecânicos, não incluindo a recuperação por meios químicos. Existem diversos fabricantes de equipamentos para o recondicionamento do óleo isolante, cada um com suas características.

Três sistemas são principalmente utilizados:

a) **Filtros;**
Filtros prensa onde o óleo é forçado a circular através de materiais porosos, principalmente o papelão, com capacidade de absorção de água e retenção de partículas sólidas não coloidais, tais como o carvão e a borra.

Figura 7 – Filtro Prensa

b) **Centrifugadoras;**
A centrifugação consiste na separação de partículas sólidas e líquidas em emulsão, aproveitando o efeito da força centrífuga. Esse sistema consegue separar mais rapidamente que o filtro as partículas mais grossas, porém sem a eficiência do filtro; também não consegue retirar a água dissolvida.
Existe também o filtro centrífugo que utiliza um estágio onde o óleo é aquecido, chamado de Filtro centrífugo Hot Oil.

c) Câmaras de vácuo.

Conhecido como desidratador a vácuo, e este sistema consegue retirar, de forma eficiente, o ar e os gases ácidos mais voláteis e a água dissolvida no óleo a níveis muito baixos.

Existe a chamada de Termo-Vácuo que associa a câmara de vácuo e o aquecimento para eliminar a umidade.

Figura 8 – Filtro Desidratador

Figura 9 – Termo-vácuo

Figura 10 – Termo-vácuo filtrando trafo

Figura 11 – Termo-vácuo filtrando trafo

Figura 12 – Termo-vácuo “Unidade Móvel”

1.3.2 – Análise de Óleos:

Usados nos equipamentos elétricos, como transformadores e outros, os óleos isolantes também devem ter suas propriedades constantemente avaliadas. As análises realizadas são fundamentais para prolongar a vida útil do equipamento elétrico, evitando com isso a interrupção do fornecimento de energia.

Por meio de análises físico-químicas controla-se a qualidade do óleo e por métodos cromatográficos pode-se detectar a existência de falha nos equipamentos.

Tabela 1

Ensaio	Método	Descrição
Cor	MB 351 Determinação da cor ASTM (Método do colorímetro ASTM).	ensaio comparativo com padrões de cores; não é um ensaio crítico, mas útil na avaliação sobre o estado de oxidação do óleo isolante
Densidade	NBR - 7148	ensaio empregado para classificar o óleo isolante como naftênico ou parafínico, também pode ser usado para verificação de mudanças marcantes no óleo isolante
Tensão interfacial (*)	NBR - 6234	ensaio empregado para avaliar se a presença de contaminantes polares e/ou produtos de oxidação do óleo isolante ainda permitem seu uso
Teor de água (ppm) (*)	NBR - 10710	ensaio empregado para determinar a concentração de água dissolvida no óleo
Índice de neutralização(*)	NBR - 14248	ensaio empregado para quantificar a presença de contaminantes polares ácidos, normalmente produtos de oxidação do óleo isolante
Rigidez dielétrica (*)	NBR - 6869	ensaio usado para avaliar a capacidade do óleo isolante de suportar tensões elétricas sem falhar; usualmente, este parâmetro é influenciado pela presença de partículas e/ou água no óleo isolante
Fator de dissipação a 100ºC	NBR - 12133	ensaio empregado como indicativo de contaminantes solúveis no óleo isolante; deve ser avaliado como comparativo em relação aos resultados anteriores

(*) *testes usados como referencial para indicar o momento em que se deve regenerar ou substituir o óleo.*

O óleo mineral isolante em serviço está continuamente deteriorando-se devido às reações de oxidação, que podem ser aceleradas pela presença de compostos metálicos, oxigênio, alto teor de água e calor excessivo. Tais alterações podem levar ao comprometimento do equipamento. Como conseqüência, podem ocorrer mudanças de cor no óleo, formação de compostos ácidos e num estágio mais avançado da oxidação, precipitação de borra. Essas mudanças nas características devem ser acompanhadas por análises físico-químicas periódicas.

A metodologia recomendada está descrita na NBR-10576, cujo título é “Guia para acompanhamento de óleo mineral isolante de equipamentos elétricos”. Os ensaios para avaliação do desempenho do óleo indicados por essa norma, assim como a metodologia que deve ser usada, são os apresentados na Tabela 1.

Tabela 2

Ensaio	Método	Descrição
Teor de inibidor de oxidação (DBPC)	MB -3475	ensaio empregado para determinar a concentração de dibutil-paracresol (DBPC) em óleo mineral isolante pelo método espectofotométrico
Teor de ascarel (PCB)	NBR - 13882	ensaio empregado para determinar a concentração de policloreto de bifenila (PCB) em óleo mineral isolante pelo método do eletrodo seletivo a cloreto
Teor de furfuraldeído	em desenvolvimento na ABNT	ensaio empregado para determinar a concentração de furfuraldeído em óleo mineral isolante pelo método espectrofotométrico
Viscosidade cinemática	NBR - 10441	avalia se um óleo isolante apresenta fluidez adequada para emprego em aplicações elétricas, bem como na sua capacidade de refrigeração
Índice de refração	NBR - 5778	avalia se um óleo isolante não está contaminado o suficiente, principalmente por outros tipos de hidrocarbonetos, impedindo seu uso em aplicações elétricas
Ponto de fluidez	NBR - 11349	determinação da temperatura mínima (ponto de congelamento) em que um óleo isolante se apresenta como um líquido
Ponto de fulgor	NBR - 11341	ensaio empregado para determinar a temperatura mínima no qual os vapores do óleo isolante se tornam inflamáveis; serve de indicativo da presença de contaminantes, usualmente outros tipos de hidrocarbonetos
Ponto de combustão	NBR - 11341	determina a temperatura mínima no qual o óleo isolante se inflama; serve de indicativo da presença de contaminantes, usualmente outros tipos de hidrocarbonetos
Ponto de anilina	MB - 290	este ensaio pode ser indicativo de concentração inadequada de compostos aromáticos no óleo
Cloretos e sulfatos	NBR - 5779	ensaio qualitativo empregado para acusar a presença ou não de cloretos e/ou sulfatos como contaminantes no óleo
Enxofre corrosivo	NBR - 10505	ensaio qualitativo empregado para acusar a presença ou não de enxofre
Estabilidade à oxidação	IEC - 1125	avalia a resistência do óleo à oxidação
Compatibilidade de materiais isolantes	NBR - 14274	ensaio empregado para avaliar se algum componente ou matéria-prima (papel, borracha, tintas, etc.) utilizada na construção de equipamentos elétricos são incompatíveis com óleos isolantes

***Fonte**: Brastrafo do Brasil Ltda.*

Na Tabela 2 são apresentados outros ensaios realizados em óleo mineral isolante, igualmente com algumas sugestões de métodos e descrição dos testes. Vê-se, nessa tabela, que o método espectrofotométrico para determinação de furfuraldeído ainda está sendo aperfeiçoado. O furfuraldeído é considerado o principal composto da decomposição do papel isolante, constituinte igualmente importante de equipamentos elétricos, como os transformadores. Dessa forma, monitorar a concentração de furfuraldeído no óleo isolante pode oferecer informações relevantes a respeito das condições do papel na isolação do transformador. Mais especificamente, o teor de furfuraldeído permite estimar o grau de polimerização do papel isolante, podendo, a princípio, prever quando seria o fim de sua vida útil sem necessidade de amostrar uma porção desse papel, o que só seria possível fazer com o transformador desenergizado. Esse método apresenta, portanto, uma vantagem em relação ao da determinação do grau de polimerização diretamente no papel, também utilizado.

Quanto à análise cromatográfica, trata-se de um poderoso instrumento para identificação precoce de falhas em equipamentos elétricos, tais como arco, descargas parciais e sobreaquecimento.

O óleo mineral isolante gera gases durante o processo de envelhecimento normal, sendo essa geração acentuada quando ocorrem falhas no equipamento elétrico. A análise cromatográfica tem como objetivo determinar a composição dessa mistura de gases que normalmente se dissolvem no óleo isolante. As falhas incipientes, ou seja, do início, usualmente levam a baixa concentrações de gases e, portanto, o acompanhamento por meio de análises periódicas pode evitar danos mais sérios ao equipamento elétrico.

Os gases que devem ser analisados, de acordo com a NBR 7070 são:

- HIDROGÊNIO;
- OXIGÊNIO;
- NITROGÊNIO;
- METANO;
- MONÓXIDO DE CARBONO;
- DIÓXIDO DE CARBONO;
- ETILENO, ETANO E ACETILENO.

Figura 13 - DTA 100 E-AD Equipamento automático para teste em linha de óleos isolantes (100 kV)

1.3.3 – Óleo ASKAREL:

Os fluidos dielétricos à base de policlorados de fenol (PCB foram desenvolvidos com o intuito de melhorar algumas características técnicas não plenamente satisfeitas, pelos óleos minerais. O askarel, marca registrada, foi amplamente utilizado em capacitores e transformadores e transformadores que por alguma razão deviam ser instalados em locais onde existiam equipamentos com temperaturas elevadas, tais como fornos e caldeiras, devido a seu alto ponto de fulgor. No entanto por ser um produto tóxico e bio-acumulativo, na década de 70 foi proibido seu uso na maioria dos países da Europa e da América. No Brasil está proibida sua comercialização, incineração e derramamento diretamente no chão.

1.4 – FLUIDOS DE ALTO PONTO DE FULGOR :

Os fluidos de pouca inflamabilidade podem ser classificados em dois grupos: a) Silicones e B) Hidrocarbonetos de alto peso molecular (HMWH). Ambos os materiais tem ponto de fulgor superior a 300°C. A alta temperatura de fulgor é uma característica importante, principalmente para equipamentos que sejam instalados em ambientes de alta temperatura e com alto risco de incêndio.

a) Silicones;
O silicone foi primeiramente introduzido como refrigerador dielétrico de transformadores. Também tem sido usado em aplicações com alta exposição do corpo humano e não tem apresentado efeitos nocivos. Os silicones são muito estáveis e tem sido escolhidos de forma generalizada como substitutos dos PCB. A razão aparente é a diferença entre os coeficientes de transmissão de calor do silicone e os outros produtos alternativos não inflamáveis.

b) Fluidos de HMWH.
Foram introduzidos em 1977; são uma mistura de hidrocarbonetos parafínicos com antioxidante e fluidos adequadamente modificados. Embora existam relatórios de usuários que têm tido êxito na substituição do óleo mineral, deverão ser tomadas precauções, pois uma pequena quantidade de óleo mineral, quando misturada ao HMWH, pode reduzir o ponto de fulgor a níveis decepcionantes.

1.5 – FLUIDOS NÃO INFLAMÁVEIS:

Existem atualmente dois fluidos não inflamáveis: Tetracloroetileno e Triclorotrifluoroetileno (freon 113). Ambos os produtos são reconhecidos pelo Factory Mutual Research Corporation dos EUA como não inflamáveis. O Tetracloroetileno foi classificado como não inflamável, quando usado como meio dielétrico em transformadores de distribuição e de subestações secundárias com potências que variam de 225 a 7500 kVA.

1.6 – ISOLADORES INDUSTRIAIS SÓLIDOS:

1.6.1 – Mica:

Apesar do aparecimento de um sem número de novos materiais, a mica continua sendo um dos melhores isolantes conhecidos porque: não funde, é quimicamente inerte, é incompreensível, pode ser delaminada em espessuras finíssimas, tem perdas dielétricas baixas e constante dielétrica e rigidez excelentes.

Os principais países produtores são: Canadá, Brasil e Argentina. O inconveniente da mica é que só se conseguem lâminas de tamanho relativamente pequeno, embora isso esteja solucionado tecnicamente com a colagem de lâminas finíssimas superpostas.

FIGURA 14 - MICA NA ROCHA

FIGURA 15 - FITAS DE MICA

As fitas de mica são principalmente utilizadas na isolação de barras ou bobinas estatóricas de geradores. As suas variações de construção podem dar-se através das diferentes espessuras de papel de mica, dos diferentes reforços como tecido de vidro, véu de vidro e até filme de poliéster. Além destas variáveis o teor de resina serve de veículo a até meio de impregnação para a consolidação final da barra ou bobina.

1.6.2 – Vidro:

Os vidros são obtidos da fundição entre 1300 °C e 1400°C de uma mistura de ácido de silício com óxido de cálcio, sódio, bário, alumínio e boro, assim como potássio, soda e sal de Glaubero. Segundo a sua composição, os vidros têm propriedades mecânicas, elétricas, ópticas e químicas diferentes.

1.6.3 – Materiais cerâmicos:

São fabricados por procedimentos especiais (pré-formados e curados em fornos) à base de produtos inorgânicos (caulim, feldspato, quartzo, esteatita, etc.). Os materiais são amassados de forma a dar-lhes plasticidade. As peças são formadas à pressão e adquirem a forma final por torneamento. Em seguida são curadas em fornos que podem chegar a 1800°C. Depois de curadas, as peças são pintadas com um verniz vitrificante.

FIGURA 16 - FLUXOGRAMA FABRICAÇÃO DE ISOLADORES DE ALTA TENSÃO

1.6.4 – Papéis isolantes fibrosos:

As matérias-primas do papel para isolamento de transformadores são procedentes de fibras vegetais, obtidas do algodão, cânhamo, linho e especialmente da macieira de pinho.

Modernamente se fabricam papéis sintéticos com classe de temperatura que pode chegar a 250 °C.

EXEMPLOS DE ISOLADORES

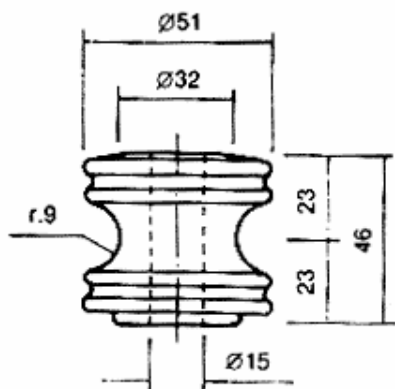



FIGURA 17 - ISOLADOR TIPO ROLDANA

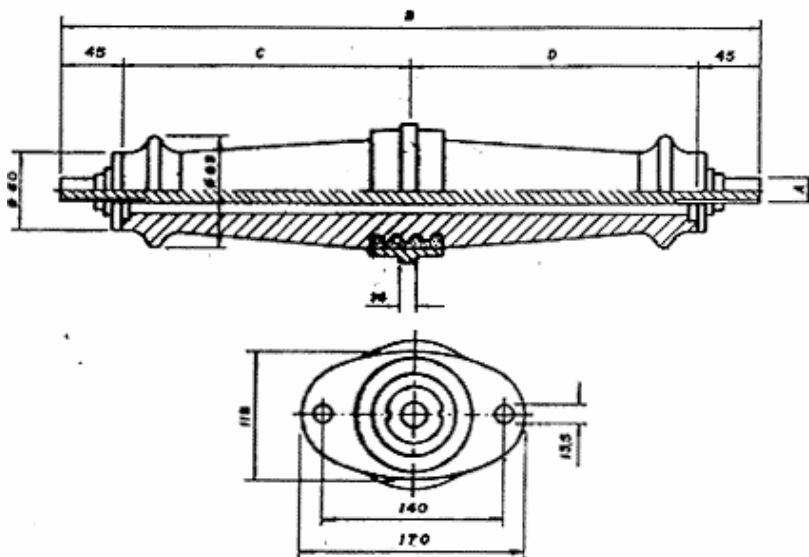



FIGURA 18 - ISOLADOR TIPO BUCHA DE PASSAGEM

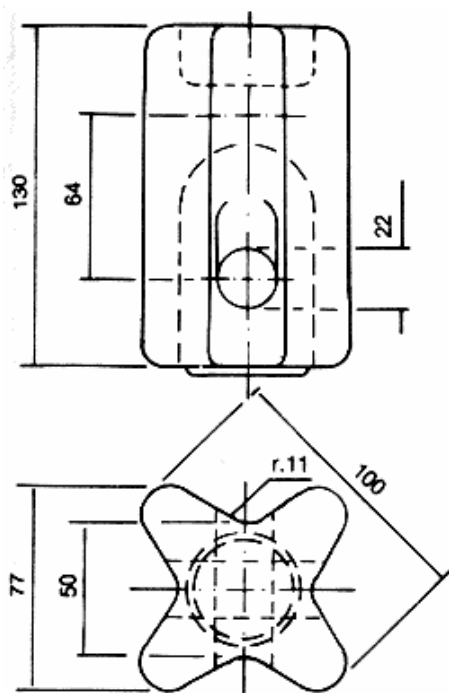



FIGURA 19 - ISOLADOR TIPO CASTANHA

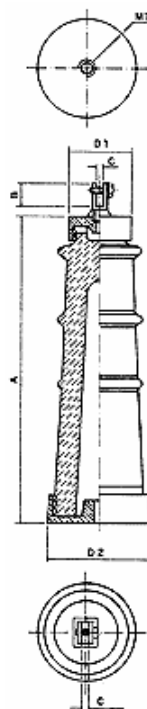



FIGURA 20 - ISOLADOR TIPO SUPORTE

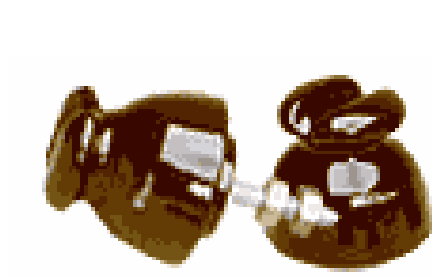



FIGURA 21 - ISOLADOR BAIXA TIPO WESTINGHOUSE

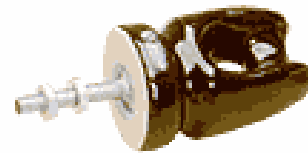



FIGURA 22 - ISOLADOR TIPO OLHAL

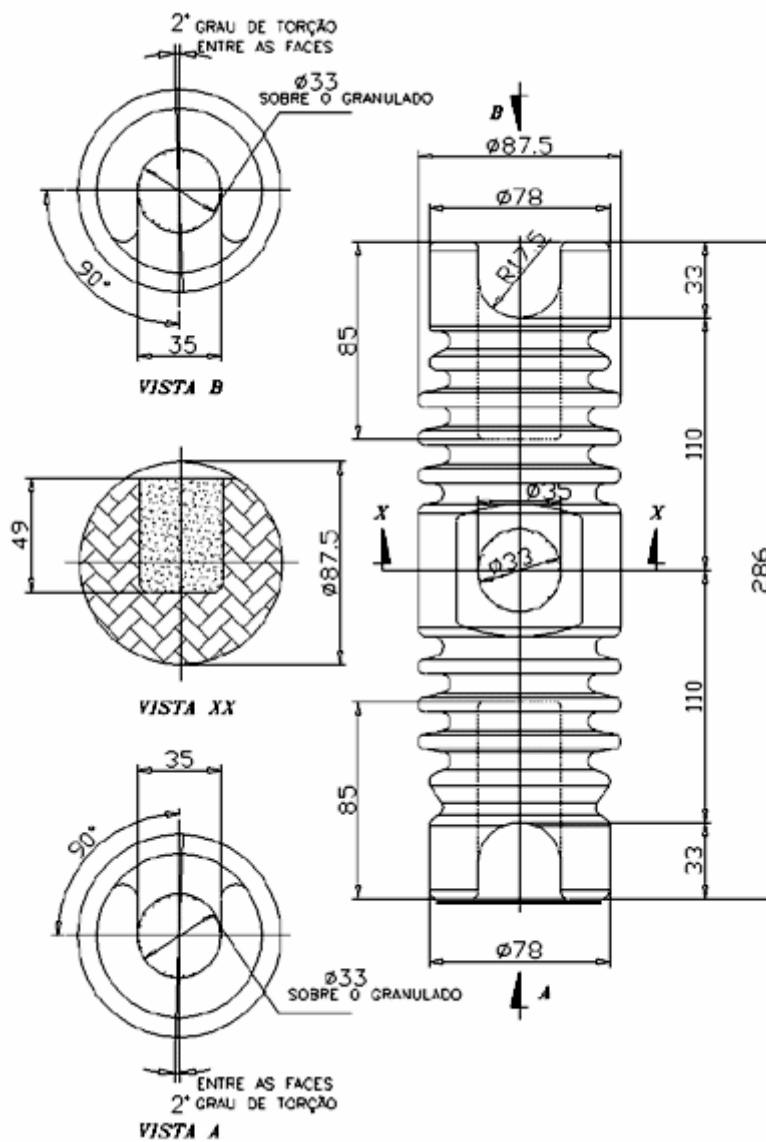



FIGURA 23 - ISOLADOR TIPO BUCHA PARA CHAVE FUSÍVEL

FIGURA 24 - ISOLADOR TIPO BUCHA TRAFO

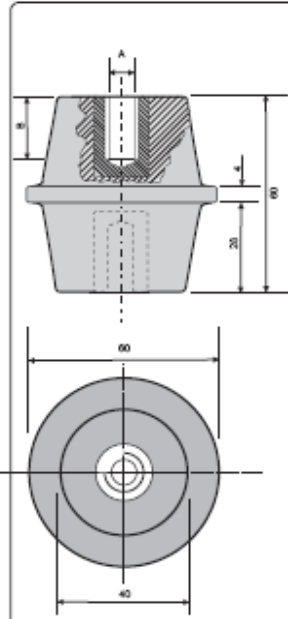
FIGURA 25 - ISOLADOR TIPO PILAR

QUALIDADE RITZ SEGURANÇA

RITZ DO BRASIL S.A.

ISO 9001

BUCHAS DE PASSAGEM EM EPOXY FUNDIDO

EXPERIÊNCIA E TECNOLOGIA NA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS EM EPOXY FUNDIDO

Possuem elevada resistência à impactos, altos valores de isolamento elétrico, excelentes qualidades higroscópicas e dielétricas.

EFU-061P-02

FIGURA 26 – BUCHAS DE PASSAGEM

QUALIDADE RITZ SEGURANÇA

ISOLADOR DE BAIXA TENSÃO PREMIX - REF.: BTP-60/60

ATENDE À INÚMERAS APLICAÇÕES NAS INSTALAÇÕES DE BAIXA TENSÃO ABRIGADAS.

FABRICADO EM PREMIX DE ALTA RIGIDEZ DIELÉTRICA E EXCELENTES CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

DESCRIÇÃO: Isolador de baixa tensão em premix para uso interno.

MATERIAL: Corpo em premix, cor laranja, com buchas em latão.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Tensão Nominal	V	1.000
Resistência Compressão	daN	10.000
Resistência a Tração	daN	800
Resistência a Flexão a 2" da extremidade	daN	100
Peso aproximado	Kg	0,150

ESPECIFICAÇÃO PARA COMPRA

REFERÊNCIAS	A ROSCA	B PROFUNDIDADE
BTP-60/60- WLT 3/8	3/8" W	15 MM
BTP-60/60-MLT 10	M 10	15 MM
BTP-60/60- WLT 1/2	1/2" W	20 MM
BTP-60/60-MLT 12	M 12	20MM

REF.: PRX-005P-00

N/ REPRESENTANTE

RITZ DO BRASIL S.A.

BR 381 - SINR. - KM 430 - BETIM - MINAS GERAIS
CAIXA POSTAL: 54 - CEP: 32530-000
TELEFONE: (031) 591.1600 - FAX: (031) 591.1731

FIGURA 27 – ISOLADOR DE BAIXA TENSÃO

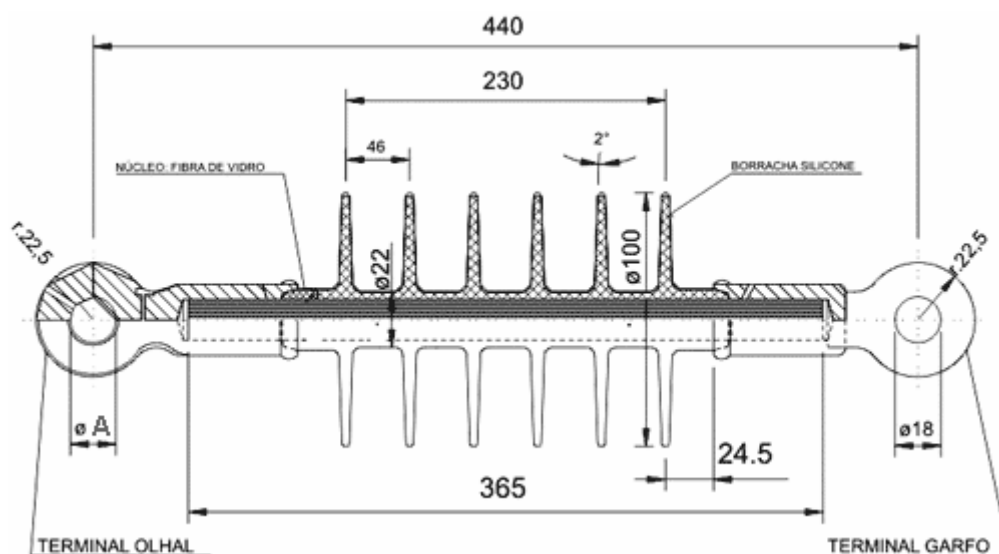



FIGURA 28 - ISOLADOR DE ANCORAGEM TIPO BASTÃO POLIMÉRICO

QUALIDADE RITZ SEGURANÇA

ISOLADORES EM EPOXY

PARA ALTA TENSÃO

EXPERIÊNCIA E TECNOLOGIA NA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS EM EPOXY FUNDIDO

A longa experiência da Ritz do Brasil na fabricação de peças em Epoxy fundido, capacita-nos a fabricar os mais sofisticados modelos de peças fundidas em epoxy.

Os Isoladores para Alta Tensão são fornecidos em três tipos distintos: Saiado, Cônico Saiado e Paralelo.

Possuem elevada resistência à impactos, altos valores de isolamento elétrico, excelentes qualidades higroscópicas e dielétricas.

São usados como suportes de barramentos, para construção de chaves de alta tensão, suportes de disjuntores, etc.

Fabricamos também em resina cicloalifática, para uso externo.

Ref.: EFU-058P-03

OUTROS PRODUTOS EM EPOXY FUNDIDO

O domínio de alta tecnologia na fabricação de produtos em epoxy fundido, permite à Ritz do Brasil fabricar uma grande variedade de peças tais como:

- Isoladores para Alta Tensão;
- Isoladores para Ponte Rolante e aplicações especiais;
- Isoladores para Redes Telegráficas e Telefônicas;
- Buchas de Passagem;
- Peças especias, fabricadas mediante desenho.

OBSERVAÇÕES:
1) Os valores de ensaios mecânicos informados neste catálogo somente poderão ser garantidos quando o isolador for fabricado com as características construtivas constantes das respectivas tabelas.
2) Caso haja necessidade de roscas em polegadas, suas dimensões deverão ser compatíveis com as dimensões das roscas métricas, para que os valores de ensaios mecânicos informados possam ser garantidos.
3) Caso haja necessidade de isoladores com roscas rente à face, os valores informados para os ensaios mecânicos não poderão ser mantidos.
4) Tendo em vista nossa política de melhorias contínuas, reservamo-nos o direito de alterar as informações, constantes desta documentação, sem prévio aviso.

RITZ DO BRASIL S.A.

Rod. BR 381 - Km 430 - CP.: 54 - CEP.: 32530-000 - Betim - MG
Fone: (31) 3539.7000 - Fax: (31) 3539.7100
Serviço de Atendimento ao Cliente: DDG 0800.332477
e-mail: ritz@ritzbrasil.com.br
home page: www.ritzbrasil.com.br

FIGURA 29 – ISOLADORES ALTA TENSÃO

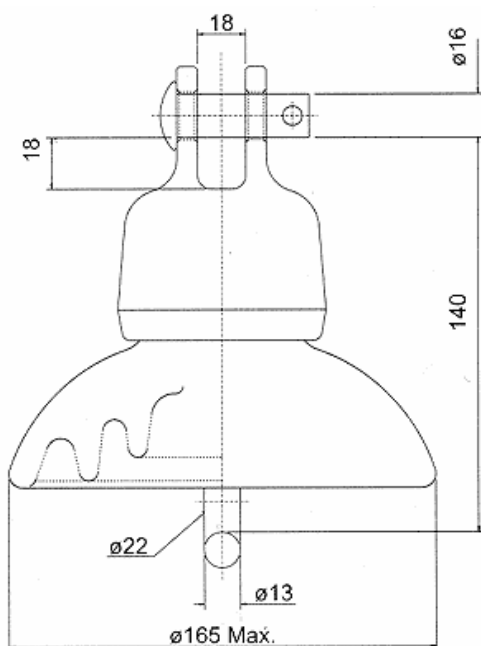



FIGURA 30 - ISOLADOR TIPO SUSPENSÃO

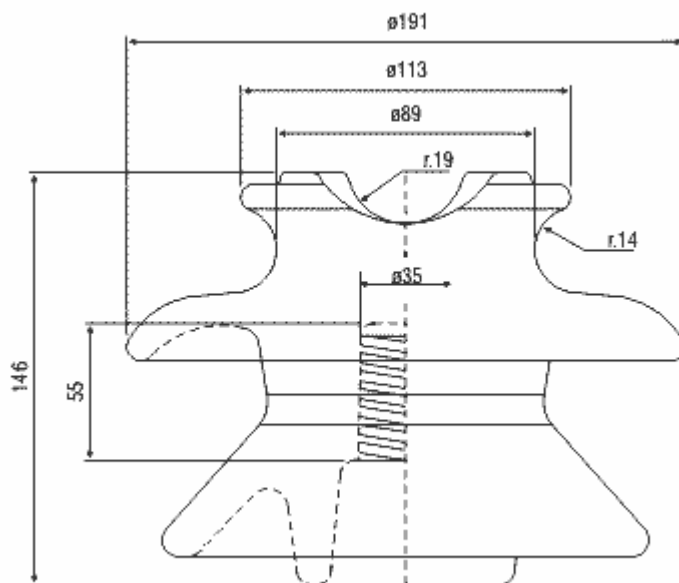



FIGURA 31 - SUPORTE TIPO PINO

ISOLADORES EM EPOXY PARA ALTA TENSÃO

TIPO AT/S

Modelo saiado usado como suporte de barramentos para construção de chaves da Alta Tensão, suportes de disjuntores, etc.

Fabricado também com resina epoxy cicloalifática para uso externo.

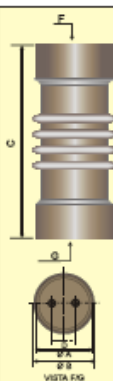
REFERÊNCIA	TENSÃO NOMINAL (kV)	NBI (kV)	TENSÃO SUPORTÁVEL	DIMENSÕES (mm) ØA	B	C	D	E	Nº DE SAIAS	DISTÂNCIA DE ESCOAMENTO (+/- 5mm)	RÔSCAS F TIPO/DIÂMETRO	F PROFUNDIDADE	G TIPO/DIÂMETRO	G PROFUNDIDADE	H TIPO/DIÂMETRO	H PROFUNDIDADE	PESO APROXIMADO (g)	FLEXÃO / DISTÂNCIA DA FACE (kgf)	TRAÇÃO (kgf)	COMPRESSÃO (kgf)
AT/S-58/95 MLT	8	60	30	58	95	28	30	10	2	115	M 16	28	M 8	8	M 10	15	420	500/20	1000	≥4.000
AT/S-73/95 MLT	8	60	30	73	95	40	43	10	2	119	M 16	28	M 10	18	M 16	25	660	1000/40	2000	≥4.000
AT/S-95/133 MLT	8	60	30	94	133	-	-	-	3	120	M 12	32	-	-	M 12	32	1290	1000/20	2000	≥4.000
AT/S-61/130 MLT	10	60	28	61	130	28	30	23	5	175	M 16	32	M 8	8	M 10	15	670	500/20	1200	≥4.000
AT/S-77/130 MLT	10	60	28	77	130	40	43	23	5	180	M 20	34	M 10	18	M 16	24	820	1000/40	2000	≥4.000
AT/S-91/130 MLT	10	60	28	91	130	56	66	23	4	180	M 20	38	M 10	18	M 16	25	1420	1000/40	2000	≥4.000
AT/S-118/130 MLT	10	75	28	118	130	56	-	10	4	237	M 24	38	-	-	M 16	24	2300	1040/40	2000	≥4.000
AT/S-75/150 MLT	15	95	34	75	150	40	-	23	4	230	M 16	30	M 8	8	M 10	15	950	500/20	1400	≥4.000
AT/S-75/178 MLT	20	110	50	75	178	40	30	23	8	270	M 16	30	M 8	8	M 10	15	1040	500/20	1400	≥4.000
AT/S-83/178 MLT	20	110	50	83	178	50	43	23	8	250	M 20	34	M 10	12	M 16	25	1430	1000/40	2000	≥4.000
AT/S-75/210 MLT	24	133	50	75	210	40	30	23	8	330	M 16	30	M 8	8	M 10	15	1190	500/20	1400	≥4.000
AT/S-90/210 MLT	24	133	50	90	210	50	43	23	8	300	M 20	38	M 10	18	M 16	24	2040	1000/40	2000	≥4.000
AT/S-82/300 MLT	36	170	70	82	300	40	30	23	11	505	M 16	30	M 8	8	M 10	15	1900	500/20	2000	≥4.000
AT/S-90/300 MLT	36	170	70	90	300	40	30	23	11	545	M 16	32	M 8	8	M 10	15	2450	1000/40	2000	≥4.000
AT/S-96/300 MLT	36	170	70	96	300	50	43	23	11	480	M 24	32	M 10	18	M 16	24	3150	1000/40	2000	≥4.000
AT/S-104/372 MLT	36	170	70	104	372	-	-	23	11	560	M 16	38	-	-	M 12	28	3750	400/20	2000	≥4.000

TIPO AT/SR

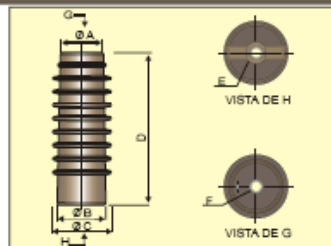
Modelo com saias centrais usado como suportes para equipamentos, pedestais e barramentos de alta tensão.

Fabricado também com resina epoxy cicloalifática para uso externo.

REFERÊNCIA	TENSÃO NOMINAL (kV)	NBI (kV)	TENSÃO SUPORTÁVEL	DIMENSÕES (mm) ØA	ØB	C	D	Nº DE SAIAS	DISTÂNCIA DE ESCOAMENTO (+/- 5mm)	RÔSCAS E TIPO/DIÂMETRO	E PROFUNDIDADE	PESO APROXIMADO (g)	FLEXÃO / DISTÂNCIA RENTE A FACE (kgf)	TRAÇÃO (kgf)	COMPRESSÃO (kgf)
AT/SR-101/332MLT	15	125	50	101	-	332	60	1	335	M 12	25	5600	630	4500	≥10000
AT/SR-125/332MLT	15	110	34	125	134	332	60	4	415	M 12	25	7600	960	6500	≥10000
AT/SR-145/335MLT	24	125	50	145	155	335	60	4	415	M 12	25	10500	960	6500	≥10000
AT/SR-145/364MLT	24	125	50	145	155	364	60	4	440	M 12	25	11600	960	9600	≥10000

Nota: Nossos Isoladores poderão ser fornecidos com outros tipos de rosca, mediante consulta Prévia.

ISOLADORES EM EPOXY PARA ALTA TENSÃO

TIPO AT/CS

Modelo cônico saiado, usado como suporte de barramentos para construção de chaves de Alta Tensão, suportes de disjuntores, etc.

REFERÊNCIA	TENSÃO NOMINAL (kV)	NBI (kV)	TENSÃO SUPORTÁVEL	DIMENSÕES (mm) ØA	ØB	ØC	D	Nº DE SAIAS	RÔSCAS E TIPO/DIÂMETRO	E PROFUNDIDADE	F TIPO/DIÂMETRO	F PROFUNDIDADE	PESO APROXIMADO (g)	FLEXÃO / DISTÂNCIA DA FACE (kgf)	TRAÇÃO (kgf)	COMPRESSÃO (kgf)	DISTÂNCIA DE ESCOAMENTO
ATCS-70/175 MAL	17,5	110	38	55	70	80	175	7	M 16	50	M 12	15	1120	750	2000	≥6.000	244
ATCS-70/210 MAL	24	125	50	55	70	80	210	9	M 16	50	M 12	25	1350	750	2000	≥6.000	309

TIPO AT/P

Modelo paralelo pesado usado como suporte de barramentos para construção de chaves de Alta Tensão, suportes de disjuntores, etc.

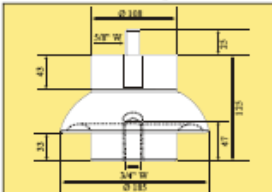
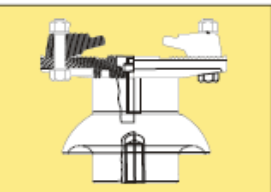
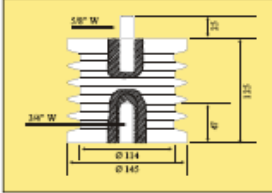
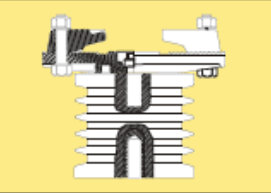
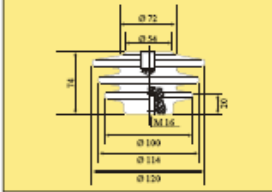
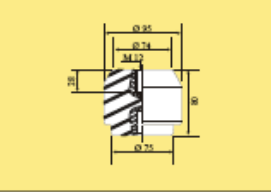
REFERÊNCIA	TENSÃO NOMINAL (kV)	NBI (kV)	TENSÃO SUPORTÁVEL	DIMENSÕES (mm) ØA	ØB	C	D	E	RÔSCAS F TIPO/DIÂMETRO	F PROFUNDIDADE	PESO APROXIMADO (g)	FLEXÃO / DISTÂNCIA DA FACE (kgf)	TRAÇÃO (kgf)	COMPRESSÃO (kgf)
AT/P-80/135 MAL	8	60	20	80	90	135	65	60	M 12	30	1450	1200/40	2000	≥6.000
AT/P-80/210 MAL	20	80	50	80	90	210	65	60	M 12	30	2300	1200/40	2000	≥6.000

FIGURA 32 – ISOLADORES ALTA TENSÃO

QUALIDADE RITZ SEGURANÇA

ISOLADORES PARA PONTES ROLANTES E APLICAÇÕES ESPECIAIS

Fabricados em Epoxy Fundido, com excelentes características elétricas e mecânicas

EFU-019P-04

RITZ — ISOLADORES PARA PONTE ROLANTE E APLICAÇÕES ESPECIAIS

Ref.: PT-185/125 sem ferragem

Tensão Nominal: 15 kV 1'
Tensão Suportável: 50 kV 1'
Flexão rente a face: 2500 kgf.

Ref.: PT-185/125 com ferragem para trilho TR-37

Tensão Nominal: 15 kV 1'
Tensão Suportável: 50 kV 1'
Flexão rente a face: 2500 kgf.

Ref.: PT-145/125 sem ferragem

Tensão Nominal: 24 kV 1'
Tensão Suportável: 50 kV 1'
Flexão rente a face: 2500 kgf.

Ref.: PT-145/125 com ferragempara trilho TR-37

Tensão Nominal: 24 kV 1'
Tensão Suportável: 50 kV 1'
Flexão rente a face: 2500 kgf.

Ref.: PT-120/74

Tensão Nominal: 1 kV 1'
Tensão Suportável: 5 kV 1'
Flexão rente a face: 1400 kgf.

Ref.: PT-95/80

Tensão Nominal: 1 kV 1'
Tensão Suportável: 3 kV 1'
Flexão rente a face: 2000 kgf.

FIGURA 33 – ISOLADORES PARA PONTE ROLANTE E APLICAÇÕES ESPECIAIS

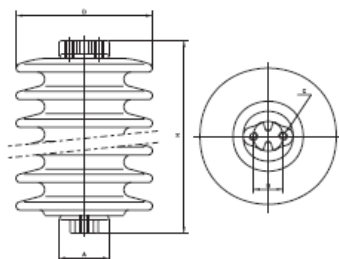
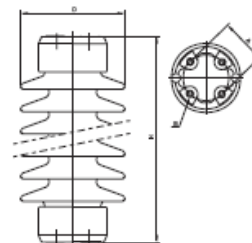



FIGURA 34 – ISOLADORES TIPO SUPORTE

ISOLADORES PARA PONTE ROLANTE E APLICAÇÕES ESPECIAIS

Ref.: PT-50/60

Tensão Nominal: 2 kV 1'
Tensão Suportável: 7 kV 1'
Flexão rente a face: 900 kgf.

Ref.: PT-50/75

Tensão Nominal: 3 kV 1'
Tensão Suportável: 10 kV 1'
Flexão rente a face: 540 kgf.

Ref.: PT-80/46

Tensão Nominal: 3 kV 1'
Tensão Suportável: 10 kV 1'
Flexão rente a face: 500 kgf.

Ref.: PT-66/66

Tensão Nominal: 3 kV 1'
Tensão Suportável: 10 kV 1'
Flexão rente a face: 900 kgf.

Ref.: PT-95/66

Tensão Nominal: 1 kV 1'
Tensão Suportável: 3 kV 1'
Flexão rente a face: 1300 kgf.

Ref.: PT-80/70

Tensão Nominal: 1 kV 1'
Tensão Suportável: 3 kV 1'
Flexão rente a face: 900 kgf.

ISOLADORES PARA PONTE ROLANTE E APLICAÇÕES ESPECIAIS

Ref.: PT-105/74
sem ferragem

Tensão Nominal: 3 kV 1' - Tensão Suportável: 10 kV 1'
Flexão rente a face: 1000 kgf.

Ref.: PT-105/74
com ferragem para uso em trólebus

Tensão Nominal: 3 kV 1' - Tensão Suportável: 10 kV 1'
Flexão rente a face: 1000 kgf.

Ref.: PT-105/74
com ferragem para uso em ponte rolante

Tensão Nominal: 1 kV 1' - Tensão Suportável: 3 kV 1'
Flexão rente a face: 900 kgf.

Ref.: PT-105/74
com 2 pinos roscados

Tensão Nominal: 3 kV 1' - Tensão Suportável: 10 kV 1'
Flexão rente a face: 1000 kgf.

Ref.: PT-75/53

Tensão Nominal: 1 kV 1' - Tensão Suportável: 3 kV 1'
Flexão rente a face: 900 kgf.

Ref.: PT-86/74

Tensão Nominal: 2 kV 1' - Tensão Suportável: 7 kV 1'
Flexão rente a face: 900 kgf.

RITZ DO BRASIL S.A.

Rod. BR 381 - Km 430 - CP.: 54 - CEP.: 32530-000 - Betim - MG
Fone: (0xx31) 591.1600 - Fax: (0xx31) 591.1731
e-mail: ritz@prover.com.br - home page: www.prover.com.br/ritz

FIGURA 35 – ISOLADORES PARA PONTE ROLANTE E APLICAÇÕES ESPECIAIS

FIGURA 36 – ISOLADORES TIPO SUPORTE

1.6.5 – Recuperação de Porcelanas:

Existem processos de recuperação de isoladores de porcelana de equipamentos de alta tensão onde, junto a fornecedores de resinas e tintas busca-se produtos isentos de pigmentos metálicos.

Fabrica-se moldes que mantêm o mesmo formato da saia original do isolador de porcelana.

FIGURA 37 - RECUPERAÇÃO PORCELANA (1)

FIGURA 38 - RECUPERAÇÃO PORCELANA (2)

FIGURA 39 - RECUPERAÇÃO PORCELANA (3)

2- CONDUTORES

São substâncias nas quais os elétrons se locomovem com facilidade por estarem fracamente ligados ao núcleo do átomo.

2.1 – CABOS ELÉTRICOS:

Os cabos elétricos de potência em baixa tensão são os responsáveis pela transmissão de energia em circuitos de até 1000 volts.
Os principais componentes de um cabo de potência em baixa tensão são o **condutor**, a **isolação** e a **cobertura**, conforme indicado na figura 32.

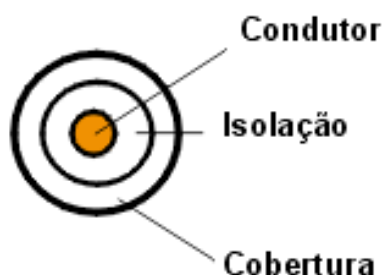



Figura 40: Cabo elétrico de potência em baixa tensão típico

Alguns cabos elétricos podem ser dotados apenas de condutor e isolação, sendo chamados então de **condutores isolados**, enquanto que outros podem possuir adicionalmente a cobertura (aplicada sobre a isolação), sendo chamados de **cabos unipolares**_ou **multipolares**, dependendo do número de condutores (**veias**) que possuem. A figura 33 mostra exemplos desses três tipos de condutores elétricos.

Figura 41: Tipos de cabos elétricos de potência em baixa tensão

2.2 – OS METAIS UTILIZADOS COMO CONDUTORES ELÉTRICOS:

Em função de suas propriedades elétricas, térmicas, mecânicas e custos, o **cobre** e o **alumínio** são os metais mais utilizados desde os primórdios da indústria de fabricação de fios e cabos elétricos.

A prática nos leva a observar que, quase sempre, as linhas aéreas são construídas em alumínio e as instalações internas são com condutores de cobre. Verificamos ainda que, segundo a norma de instalações elétricas de baixa tensão, a NBR 5410, é proibido o uso de alumínio em instalações residenciais. Por que essas diferenças entre os dois metais no campo de fios e cabos elétricos?
As três principais diferenças entre o cobre e o alumínio são: condutividade elétrica, peso e conexões.

2.2.1 – Condutividade elétrica:

Começamos a entender as diferenças pela **condutividade elétrica**. Todos os materiais conduzem corrente elétrica de um modo melhor ou pior. O número que expressa a capacidade que um material tem de conduzir a corrente é chamado de condutividade elétrica. Ao contrário, o número que indica a propriedade que os materiais possuem de dificultar a passagem da corrente é chamado de resistividade elétrica.

Segundo a norma "International Annealed Copper Standard" (IACS), adotada em praticamente todos os países, é fixada em 100% a condutividade de um fio de cobre de 1 metro de comprimento com 1 mm² de seção e cuja **resistividade** a $20^{\circ}C$ seja de 0,01724 $W.mm^2/m$ (a resistividade e a condutividade variam com a temperatura ambiente). Dessa forma, esse é o padrão de condutividade adotado, o que significa que todos os demais condutores, sejam em cobre, alumínio ou outro metal qualquer, têm suas condutividades sempre referidas a aquele condutor.

A tabela 3 ilustra essa relação entre condutividades.

Material	**Condutividade relativa ACS (%)**
cobre mole	100
cobre meio-duro	97,7
cobre duro	97,2
alumínio	60,6

Tabela 3: Condutividade relativa entre diferentes materiais

A tabela 3 pode ser entendida da seguinte forma: o alumínio, por exemplo, conduz aproximadamente 39 % (100 - 60,6) menos corrente elétrica que o cobre mole. Na prática, isso significa que, para conduzir a mesma corrente, um condutor em alumínio precisa ter uma seção aproximadamente, 39 % maior que a de um fio de cobre mole. Ou seja, se tivermos um condutor de 10 mm² de cobre, seu equivalente em alumínio será de 10 x 1,4= 14 mm². Dissemos "aproximadamente" porque a relação entre as seções não é apenas geométrica e também depende de alguns fatores que consideram certas condições de fabricação do condutor, tais como eles serem nus ou recobertos, sólidos ou encordoados, etc.

2.2.2 – Peso:

A densidade do alumínio é de 2,7 g/cm3 e a do cobre de 8,9 g/cm^3.

Se calcularmos a relação entre o peso de um condutor de cobre e o peso de um condutor de alumínio, ambos transportando a mesma corrente elétrica, verificamos que, apesar de o condutor de alumínio possuir uma seção cerca de 60% maior, seu peso é da ordem da **metade do peso** do condutor de cobre.

A partir dessa realidade física, estabeleceu-se uma divisão clássica entre a utilização do cobre e do alumínio nas redes elétricas. Quando o maior problema em uma instalação envolver o peso próprio dos condutores, prefere-se o alumínio por sua leveza. Esse é o caso das linhas aéreas em geral, onde as dimensões de torres e postes e os vãos entre eles dependem diretamente do peso dos cabos por eles sustentados. Por outro lado, quando o principal aspecto não é peso, mas é o espaço ocupado pelos condutores, escolhe-se o cobre por possuir um menor diâmetro. Essa situação é encontrada nas instalações internas, onde os espaços ocupados pelos eletrodutos, eletrocalhas, bandejas e outros são importantes na definição da arquitetura do local.

Deve-se ressaltar que, embora clássica, essa divisão entre a utilização de condutores de cobre e alumínio possui exceções, devendo ser cuidadosamente analisada em cada caso.

2.2.3 – Conexões elétricas:

Uma das diferenças mais marcantes entre cobre e alumínio está na forma como se realizam as conexões entre condutores ou entre condutor e conector.

O cobre não apresenta requisitos especiais quanto ao assunto, sendo relativamente simples realizar as ligações dos condutores de cobre. No entanto, o mesmo não ocorre com o alumínio. Quando exposta ao ar, a superfície do alumínio é imediatamente recoberta por uma camada invisível de óxido, de difícil remoção e altamente isolante. Assim, em condições normais, se encostarmos um condutor de alumínio em outro, é como se estivéssemos colocando em contato dois isolantes elétricos, ou seja, não haveria contato elétrico entre eles. Nas conexões em alumínio, um bom contato somente será conseguido se rompermos essa camada de óxido. Essa função é obtida através da utilização de conectores apropriados que, com o exercício de pressão suficiente, rompem a camada de óxido. Além disso, quase sempre são empregados compostos que inibem a formação de uma nova camada de óxido, uma vez removida a camada anterior.

Existem conetores elétricos de qualquer tipo e para diversas finalidades e isentos de efeitos corona para tensões até 800 KV de acordo com as normas **NEMA CC1, NBR 5370** e **NBR 11788**. São fabricados em ligas de cobre e alumínio com alta condutividade elétrica, resistência à corrosão e propriedades mecânicas compatíveis com a utilização destinada.

Exemplos de Conectores

Figura 42: Tipos de conectores de alumínio e bronze

2.3 – A FLEXIBILIDADE DOS CONDUTORES ELÉTRICOS:

Um condutor elétrico pode ser constituído por uma quantidade variável de fios, desde um único fio até centenas deles. Essa quantidade de fios determina a **flexibilidade** do cabo. Quanto **mais fios, mais flexível** o condutor e vice-versa.

Para identificar corretamente o grau de flexibilidade de um condutor, é definida pelas normas técnicas da ABNT a chamada **classe de encordoamento**. De acordo com essa classificação apresentada pela NBR NM 280, são estabelecidas seis classes de encordoamento, numeradas de 1 a 6.

A norma define ainda como caracterizar cada uma das classes, o que está indicado na coluna "características" da tabela 4.

Classe de encordoamento	Descrição	Característiccas
1	condutores sólidos (fios)	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20ºC em w/km
2	condutores encordoados, compactados ou não	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20ºC em w/km e um número mínimo de fios no condutor
4, 5 e 6	condutores flexíveis	é estabelecida uma reistência elétrica máxima a 20ºC em w/km e diâmetro máximo dos fios elementares do condutor

Tabela 4: Classes de encordoamento de condutores elétricos conforme a NBR NM 280

Em relação aos termos utilizados na tabela 4, temos:

Um **fio** é um produto maciço, composto por um único elemento condutor. Trata-se de uma ótima solução econômica na construção de um condutor elétrico, porém apresenta uma limitação no aspecto dimensional e na reduzida flexibilidade, sendo, em conseqüência, limitado a produtos de pequenas seções (até 16 mm^2)

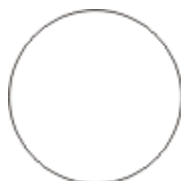



Figura 43: Fio

O termo **condutor encordoado** tem relação com a construção de uma **corda**, ou seja, partindo-se de uma série de fios elementares, eles são reunidos (torcidos) entre si, formando então o condutor. Essa construção apresenta uma melhor flexibilidade do que o fio. As formações padronizadas de condutores encordoados (cordas) redondos normais são:

7 fios (1+6);

19 fios (1+6+12);

37 fios (1+6+12+18).

E assim sucessivamente. Nessa formação, a camada mais externa possui o número de fios da camada anterior mais seis.

Figura 44: Condutor encordoado redondo normal

Um **condutor encordoado compactado** é uma corda na qual foram reduzidos os espaços entre os fios componentes. Essa redução é realizada por compressão mecânica ou trefilação. O resultado desse processo é um condutor de menor diâmetro em relação ao condutor encordoado redondo normal, porém com menos flexibilidade.

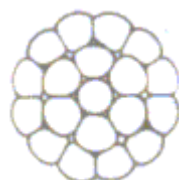



Figura 45: Condutor encordoado compactado

Um **condutor flexível** é obtido a partir do encordoamento de um grande número de fios de diâmetro reduzido.

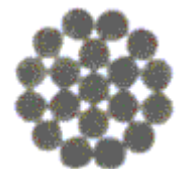



Figura 46: Condutor flexível

Observe que a NBR NM 280 estabelece valores de resistência elétrica *máxima*, número *mínimo* e diâmetro *máximo* dos fios que compõem um dado condutor. Isso, na prática, resulta que diferentes fabricantes possuam diferentes construções de condutores para uma mesma seção nominal (por exemplo, 10 mm^2). A garantia de que o valor da resistência elétrica máxima não seja ultrapassada está diretamente relacionada à qualidade e à pureza do cobre utilizado na confecção do condutor.

2.4 – ISOLAÇÃO DOS CONDUTORES ELÉTRICOS:

2.4.1 – Histórico:

Os primeiros cabos isolados de que se tem notícia datam de 1795, utilizados em uma linha telegráfica na Espanha e eram isolados em papel. Seguiram-se os condutores cobertos por guta percha (uma planta nativa da Índia), os cabos em papel impregnado em óleo, os cabos em borracha natural (início do século XX), em borracha sintética (EPR – Etileno Propileno) e (PVC – Cloreto de Polivinila) (ambos logo após a Segunda Guerra Mundial).

Embora possuíssem excelentes características isolantes, os cabos isolados em papel foram perdendo aplicações ao longo do tempo, principalmente devido à dificuldade de manuseio durante a sua instalação, sobretudo na realização de emendas e terminações. Isso propiciou a popularização dos cabos com isolações sólidas, tais como o PVC.

2.4.2 – Isolação e suas aplicações:

A função básica da isolação é confinar o campo elétrico gerado pela tensão aplicada ao condutor no seu interior. Com isso, é reduzido ou eliminado o risco de choques elétricos e curtos-circuitos.

Podemos comparar a camada isolante de um cabo com a parede de um tubo de água. No caso do tubo, a parede impede que a água saia de seu interior e molhe a área ao seu redor. Da mesma forma, a camada isolante mantém as linhas de campo elétrico (geradas pela tensão aplicada) “presas” sob ela, impedindo que as mesmas estejam presentes no ambiente ao redor do cabo.

No caso do tubo, não pode haver nenhum dano à sua parede, tais como furos e trincas, sob pena de haver vazamento de água. Da mesma forma, não pode haver furos, trincas, rachaduras ou qualquer outro dano à isolação, uma vez que isso poderia significar um “vazamento” de linhas de campo elétrico, com subseqüente aumento na corrente de fuga do cabo, o que provocaria aumento no risco de choques, curtos-circuitos e até incêndios.

2.4.3 – Principais características das isolações sólidas:

De um modo geral, as isolações sólidas possuem uma boa resistência ao envelhecimento em serviço, uma reduzida sensibilidade à umidade e, desde que necessário, pode apresentar um bom comportamento em relação ao fogo. Vejamos a seguir as principais características específicas do composto isolante mais utilizado atualmente: o PVC.

Cloreto de polivinila (PVC):

- É, na realidade, uma mistura de cloreto de polivinila puro (resina sintética), plastificante, cargas e estabilizantes;
- Sua rigidez dielétrica é relativamente elevada, sendo possível utilizar cabos isolados em pvc até a tensão de 6 kv;
- Sua resistência a agentes químicos em geral e a água é consideravelmente boa;
- Possui boa característica de não propagação de chama.

2.5 – O DIMENSIONAMENTO DOS CABOS EM FUNÇÃO DA ISOLAÇÃO:

As duas principais solicitações a que a camada da isolação está sujeita são os campos elétricos (tensão) e a temperatura (corrente).

2.5.1 – A tensão elétrica:

Em relação à tensão elétrica, como vimos anteriormente, o PVC está limitado a 6 kV, o que o torna recomendado para emprego em cabos de baixa tensão, seja de potência, de controle, de sinal ou para ligação de equipamentos.

A principal característica construtiva dos cabos associada com a tensão elétrica é a **espessura da isolação**. Ela varia de acordo com a classe de tensão do cabo e da qualidade do material utilizado e é fixada pelas respectivas normas técnicas aplicáveis. Em geral, quanto maior a tensão elétrica de operação do cabo, maior a espessura da isolação.

2.5.2 – A corrente elétrica:

É sabido que todo condutor elétrico percorrido por uma corrente aquece. E também é sabido que todos os materiais suportam, no máximo, determinados valores de temperatura, acima dos quais eles começam a perder suas propriedades físicas, químicas, mecânicas, elétricas etc.

Desse modo, a cada tipo de material de isolação correspondem três temperaturas características que são:

1. **Temperatura em regime permanente:**
É a maior temperatura que a isolação pode atingir continuamente em serviço normal. É a principal característica na determinação da capacidade de condução de corrente de um cabo.

2. **Temperatura em regime de sobrecarga:**
É a temperatura máxima que a isolação pode atingir em regime de sobrecarga. Segundo as normas de fabricação, a duração desse regime não deve superar 100 horas durante doze meses consecutivos, nem superar 500 horas durante a vida do cabo.

3. **Temperatura em regime de curto-circuito:**
É a temperatura máxima que a isolação pode atingir em regime de curto-circuito. Segundo as normas de fabricação, a duração desse regime não deve superar 5 segundos durante a vida do cabo.

A tabela 5 indica as temperaturas características das isolações em PVC e EPR.

Temperatura em regime (ºC)	Temperatura em sobrecarga (ºC)	Temperatura em curto-circuito (ºC)
70	100	160

Temperaturas características do PVC

Temperatura em regime (ºC)	Temperatura em sobrecarga (ºC)	Temperatura em curto-circuito (ºC)
90	100	160

Temperaturas características do EPR

2.5.3 – Cobertura:

Em algumas aplicações, é necessário que a isolação seja protegida contra agentes externos tais como impactos, cortes, abrasão, agentes químicos, etc.

Nesses casos, os cabos elétricos são dotados de uma **cobertura** e são então chamados de **cabos unipolares ou multipolares**.

A escolha do material de cobertura deve levar em conta os diversos agentes externos, sendo que para aplicações de uso geral, com solicitações externas "normais", o material mais utilizado como cobertura é o **PVC**, cujas características principais encontram-se nas tabelas 6 e 7.

Características mecânicas	MB
Nível de perdas dielétricas	R
Resistência as intempéries	B
Resistência a propagação de chama	B
Resistência ao ozônio	E
Resistência ao calor	B
Resistência ao óleo	B

Tabela 6: Principais características do PVC

Ácidos		**Solventes**	
Ácido acético 50%	Resistência Total	Álcool Etílico	Resistência Limitada
Ácido Clorídrico 10%	Resistência Total	Álcool Metílico	Resistência Limitada
Ácido Nítrico 10%	Resistência Total	Água - 100%	Resistência Total
Ácido Sulfúrico 10%	Resistência Total	Fenol	Nenhuma Resistência
Bases		Benzeno	Nenhuma Resistência
Amoníaco	Resistência Total	Tolueno	Nenhuma Resistência
Soda 10%	Resistência Total	Butanol	Resistência Limitada
Soda 70%	Resistência Total	Petróleo	Resistência Limitada
Sais		Acetona	Nenhuma Resistência
Cloreto de Bário	Resistência Total	Óleo de transformador	Resistência Limitada
Dicromato de Potássio	Resistência Total		
Dicromato de Sódio	Resistência Total		
Cal	Resistência Total		
Sulfato de Cobre	Resistência Total		

Tabela 7: Resistência do PVC aos produtos químicos

2.6 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CABOS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA EM BAIXA TENSÃO:

2.6.1 – Resistência à chama:

Um cabo elétrico pode apresentar um volume significativo de material combustível na isolação, na cobertura (quando ela existir) e, eventualmente, em outros componentes. Assim, é importante que, quando da ocorrência de um incêndio, os cabos não sejam agentes propagadores da chama, colocando em perigo as pessoas e o patrimônio.

Com o objetivo de garantir que os cabos sejam **resistentes à chama**, eles são ensaiados de modo a comprovar que uma chama não possa se propagar indevidamente pelo cabo, mesmo em casos de exposições prolongadas ao fogo.

Para os cabos isolados em PVC, é previsto o **Ensaio de queima vertical** (fogueira), conforme a NBR 6812: trata-se de submeter um feixe de cabos de 3,5 m de comprimento à chama produzida por um queimador padrão, durante 40 minutos. Ao final da exposição, o dano provocado pelo fogo deve estar limitado a certo comprimento da amostra ensaiada.

Os **condutores isolados** que superam o ensaio de queima vertical são designados por **BWF** e os cabos unipolares ou multipolares são chamados de **resistentes à chama**.

Mais do que estética, a identificação por cores dos condutores em uma instalação elétrica tem como finalidade facilitar a execução das conexões, emendas e todas as intervenções em geral para manutenção. Além disso, a correta identificação aumenta em muito a segurança das pessoas que lidam com o sistema.

3- INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS

Vários são os instrumentos utilizados pelos técnicos para efetuar medições elétricas na análise de funcionamento de circuitos eletroeletrônicos.

Dentre esses destacaremos:

Voltímetro;
Amperímetro;
Ohmímetro;
Wattímetro;
Megôhmetro;
Hi-POT
Microhmímetro;
TTR;
Medidor de Fator de potência;
Alicate amperímetro.

Podemos encontrar instrumentos de medidas elétricas em padrão analógico ou digital.

3.1 – INSTRUMENTO DE MEDIDA ELÉTRICA DIGITAL:

Um instrumento digital é aquele onde o sinal de saída é uma função descontínua do sinal de entrada, isto é, o sinal é caracterizado por variações bruscas, não havendo sinal intermediário entre seu máximo e mínimo.

Geralmente esses instrumentos indicam suas leituras através de display's (a maioria de cristal líquido).

Como exemplo na figura abaixo, a amostragem do sinal medido é indicada em display's de cristal líquido.

Figura 47: Display Cristal Líquido

3.2 – INSTRUMENTO DE MEDIDA ELÉTRICAS DIGITAIS E ANALÓGICAS:

3.2.1 – Ohmímetro:

É um instrumento utilizado para medição de resistência elétrica.

3.2.1.1 – Características:

- Apresenta fonte elétrica (bateria) interna para o seu funcionamento;
- Deve ser ligado somente em circuitos elétricos desligados da fonte geradora, isto é, o dispositivo a ser medido não pode estar energizado;
- No formato real é identificado pela presença da letra "Ω" em seu painel;
- Podemos encontrar do tipo analógico ou digital.

Vejamos a seguir uma figura de ohmímetro.

Figura 48: Ohmímetro Analógico

Observemos no diagrama a seguir a aplicação desse instrumento.

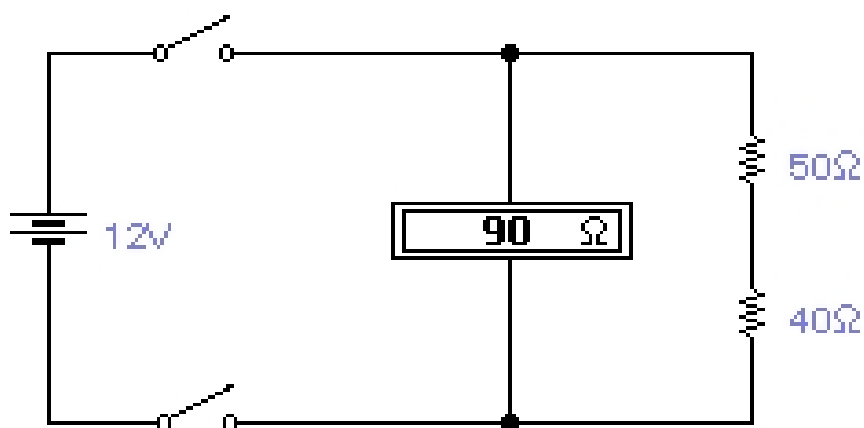



Figura 49: Medição Ohmímetro Digital

3.2.2 – Wattímetro:

O wattímetro é um instrumento que permite medir a potência elétrica fornecida ou dissipada por um dispositivo. Este instrumento integra o produto das grandezas tensão e corrente elétrica do dispositivo a ser medido, razão pela qual a sua ligação ao circuito é feita simultaneamente em série e em paralelo. Dois terminais são ligados em paralelo com o dispositivo, efetuando assim a medição da tensão, e mais dois são conectados no caminho da corrente.

Vejamos a seguir a figura de um wattímetro:

Figura 50: Wattímetros analógicos

Figura 51 Wattímetro digital

Observemos no diagrama a seguir a aplicação desse instrumento.

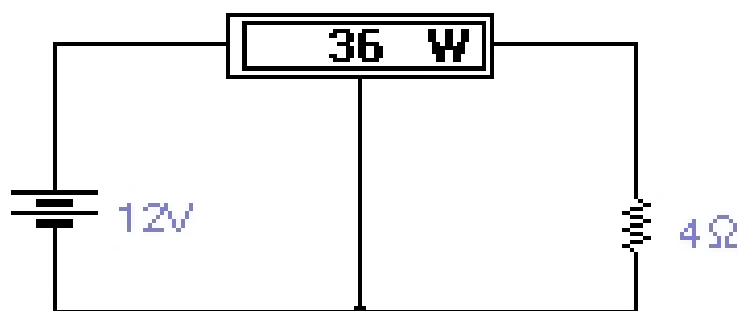



Figura 52: Wattímetro Digital

3.2.3 – Multímetro:

Equipamento que mede várias grandezas, entre as quais destaca-se a corrente contínua, a tensão tanto alternada como contínua (voltímetro) e o ohmímetro.

Vejamos alguns tipos de multímetros na figura a seguir:

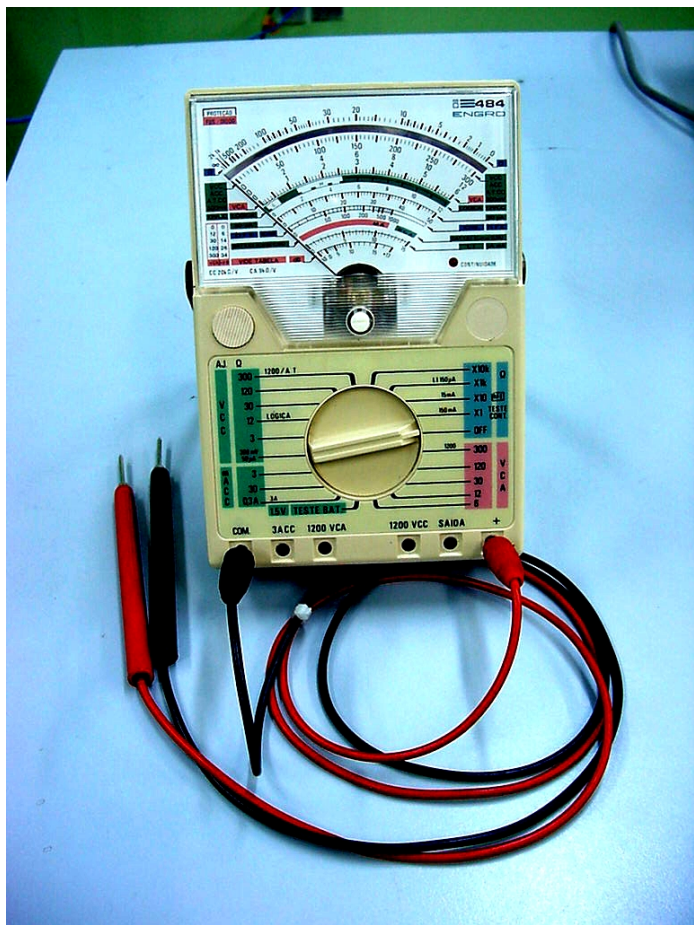



Figura 53: Multímetro Analógico

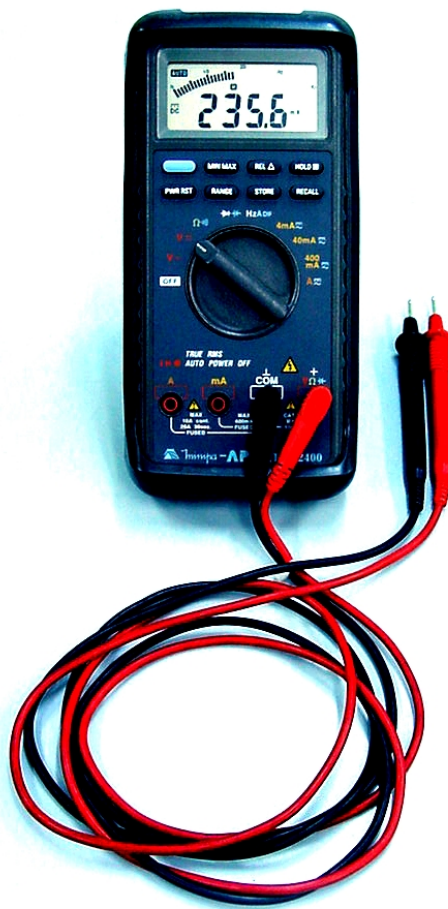



Figura 54: Multímetro Digital

3.2.4 – Megôhmetro (Megger):

A resistência de isolamento pode ser determinada pela lei de Ohm, aplicando uma tensão de corrente contínua e medindo a corrente que circula pelo galvanômetro interno ao equipamento.

A importância da medição de isolamento é devida ser uma das maneiras de se saber as condições de isolamento de um equipamento. Realizando periodicamente esta medição, pode-se acompanhar a vida útil do equipamento comparando os resultados obtidos com as informações dos fabricantes ou com outro teste já anteriormente realizado.

O megôhmetro é um instrumento portátil que permite realizar medições de resistências de isolação com tensões de prova de até 10kV. Proporciona medições confiáveis de resistências de isolação de até 2.000.000MΩ com quatro tensões de prova: 1kV, 2kV, 5kV e 10kV. As leituras se realizam em um indicador analógico ou digital com escala ampliada e de fácil leitura.

Para uma melhor compreensão e análise dos ensaios de resistência de isolamento, é necessário que se tenha um conhecimento básico sobre os fenômenos que surgem num meio dielétrico, quando submetido a um potencial contínuo.

Antes de se energizar uma máquina nova ou que esteve parada muito tempo, é boa norma medir-se a resistência de isolamento dos enrolamentos. Desta maneira verifica-se uma das condições mínimas para a sua energização.

Um valor alto de resistência de isolamento é uma condição necessária, mas não suficiente para garantir que não existam imperfeições no isolamento, que possam causar falhas quando da energização.

O termo resistência de isolamento é a relação existente entre a tensão CC aplicada a um isolante e a corrente resultante em um determinado instante, após a aplicação da tensão. Devido ao fenômeno da polarização do dielétrico e à capacidade dos condutores contra as partes metálicas adjacentes, a definição acima se torna algo imprecisa, mas válida para fins práticos.

Pela análise dos valores da resistência de isolamento obtidos nos ensaios, comparados aos registrados anteriormente, podemos avaliar o processo de degradação do isolamento.

Esta análise pode representar uma economia substancial, seja pela garantia de continuidade operativa, seja pela redução de custos de reparos devidos a falhas de maiores proporções.

Figura 55: Megôhmetro Eletrônico de Alta Tensão-10kv

Figura 56: Megôhmetro Analógico de Alta Tensão - 5kv

Figura 57: Megôhmetro Analógico de Alta Tensão - 5kv

Este equipamento é especialmente indicado para teste da resistência de isolação nas linhas de transmissão e distribuição de médias tensões, áreas externas ou subterrâneas, já que permitem realizar o teste com tensões próximo as de trabalho. Também é um excelente auxiliar na detecção de falhas de isolação em cabos, disjuntores, secionadoras, painéis elétricos, motores e transformadores.

O megôhmetro possui BORNE GUARD que permite eliminar o efeito de resistências parasitas e de correntes superficiais sobre a resistência de isolação que se deseja medir.

3.2.5 – Microhmímetro:

O Microhmímetro é um ohmímetro digital ou analógico inteligente, portátil, destinado a medir com alta precisão resistências muito baixas de contato de disjuntores de alta tensão, chaves seccionadoras, barramentos, enrolamentos de transformadores e motores, etc., com correntes desde 1mA até 200A. Utiliza a topologia de Kelvin (4 terminais) para evitar erros na medição provocados pelos cabos auxiliares e as suas resistências de contato.

É um equipamento extremamente fácil de utilizar e de transportar, pesando entre 16 a 20kg.

Nos dispositivos de Alta e média tensão, é um dos ensaios usuais é o de valor de resistência ôhmica, seja em enrolamentos ou em contatos de dispositivos de proteção. No caso de medição de enrolamentos, aplica-se em todos os tipos de transformadores, sejam eles de potência, potencial ou corrente, com a função de determinar o grau de envelhecimento da isolação interna do dispositivo, continuidade de enrolamentos equalização de valores entre enrolamentos de diferentes fases, fechamento de contatos de comutação e em alguns casos determinação de relação de transformação.

A medição da resistência ôhmica entre contatos (resistência de contato de disjuntores, chaves secionadoras e comutadores), tem como finalidade a determinação do estado da camada de metalização (prata) dos contatos fixos e móveis, bem como visualizar o valor de resistência existente entre as conexões do equipamento até o barramento de alimentação. Nestes casos os valores devem estar compreendidos na faixa de microôhms, visto que a potência dissipada nestes pontos é diretamente proporcional ao valor de resistência dos mesmos. Valores altos de resistência de contato provocam o surgimento de pontos quentes, e consequentemente ocorre à aceleração da deterioração da camada de metalização, gerando um efeito cascata até danificar o equipamento.

Figura 58: Microhmímetro de 200 A

Cada equipamento possui um valor específico de resistência de contato, não existindo, portanto um valor padrão para os resultados serem avaliados. A característica para esta avaliação deverá ser consultada no manual do fabricante, onde constam os valores encontrados nos ensaios de linha de montagem do equipamento.

Por exemplo, para um disjuntor PVO de fabricação SPRECHER SCHUN, classe 15 KV, os valores de resistência de contato ficam situados na faixa de 40µΏ, em quanto que para um disjuntor com as mesmas características de fabricação AEG, estes valores são da ordem de 70µΏ.

Na prática é sabido que valores de resistência superiores a 120µΏ em disjuntores à óleo, podem dar início a pontos quentes internos, claro que sua intensidade e grau de crescimento estará ligado diretamente a característica da carga que o mesmo alimenta, bem como, a sua capacidade nominal de corrente. Para uma avaliação da necessidade de abertura de um disjuntor, é necessário que o mesmo seja submetido a testes periódicos de resistência de contato, percebendo-se variações ou acréscimos dos valores de ensaio.

3.2.6 – Alicate Amperímetro:

Instrumento podendo ser digital ou analógico portátil que realiza medições DC e AC, de correntes. Pode medir várias grandezas como o multímetro.

Vejamos um exemplo de alicate amperímetro na figura a seguir:

Figura 59: Alicate Amperímetro

3.2.7 – Hi-Pot:

É o equipamento utilizado para o teste de tensão aplicada ao dielétrico e consiste em uma fonte de corrente alternada ou contínua, de alta tensão e baixa corrente, utilizada para medições de correntes de fuga de meios isolantes.

Os equipamentos que trabalham com corrente alternada, possuem uma restrição de aplicação, visto a característica do meio isolante em comportar-se como um capacitor. Devido a este fato, os mesmos restringem-se ao uso de isoladores, separadores, câmaras de extinção de disjuntores de MT a AT, buchas convencionais de transformadores (desconectadas) e como simulador de descargas parciais para pára-raios.

O equipamento possui dois cabos externos, sendo um deles o cabo de geração de AT, e o outro o cabo de medição da corrente de fuga.

Para estes tipos de ensaios, deve-se sempre realizar anteriormente e posteriormente ao teste de “Tensão aplicada ao Dielétrico”, um teste de “Resistência de Isolamento” com um Megger, para certificar de que o teste com Hi-pot, não afetou a isolação final do cabo, mufla, disjuntor, secionadora, motor elétrico ou painel elétrico, principalmente em equipamentos usados.

Figura 60: HI-POT 5 KV

Figura 61: HI-POT 100 KV – Etapa de comando

Figura 62: HI-POT 100 KV – Etapa de força.

3.2.7.1 – Procedimentos de segurança:

Por tratar-se de um teste com MT e AT, devemos adotar alguns procedimentos de segurança para a realização dos testes, principalmente quando o corpo de ensaio forem cabos e muflas, devido à característica do meio isolante em comportar-se como um capacitor. Os cabos que não estiverem sob ensaio deverão ter o seu fio condutor principal e a malha interligada e aterrada, preferencialmente no mesmo ponto em que o aterramento do equipamento de teste estiver conectado, para que os mesmos não venham a “carregar-se” durante o ensaio por indução.

Outro procedimento é o de aguardar 5 minutos para manusear o cabo de tensão do equipamento de teste, que também deverá ser aterrado para proporcionar a descarga do cabo que foi ensaiado. Após o ensaio, o cabo deverá permanecer aterrado, visto que o mesmo poderá a voltar a apresentar carga.

3.2.8 – Medidor De Fator De Potência (Fator De Perdas Dielétricas):

Existem vários tipos de instrumentos e fabricantes diferentes, os mais conhecidos são a DOBLE e a NANSEN.

São usados para determinar o fator de dissipação (tg φ) ou fator de potência (cos φ) de uma isolação. Além de verificar a qualidade da isolação, o "fator de perdas" ou o "fator de dissipação" ou o "tgφ", permitirá o acompanhamento do desempenho de um equipamento durante sua vida útil, através das variações ocorridas em sua isolação.

As características elétricas da maioria dos materiais isolantes variam com a temperatura.

O fator de perdas do isolante de um modo geral é crescente com o aumento da temperatura de perdas, portanto utiliza-se uma temperatura base 20°C e uma tabela de conversões para temperaturas diferentes desta.

As leituras deverão ser feitas em mW.

Figura 63: Medidor de Fator de potência – Fator de perdas dielétricas (Nansen)

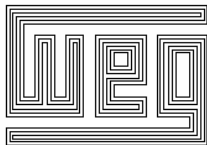
3.2.9 – TTR – Teste De Relação De Transformação:

O medidor tipo TTR é um instrumento usado para medir a relação de transformação em transformadores de força e transformadores de potencial que tenham relação até 330:1.

Figura 64: TTR – Relação de transformação

4- MANUTENÇÃO DE MOTORES CA

4.1 – INTRODUÇÃO:

"Quando tudo está bem, ninguém se dá conta que existe. Quando algo está mal, dizem que não existe. Quando é necessário gastar, dizem que não é preciso que exista. Porém, quando realmente não existe, todos concordam que deveria existir."

A manutenção das máquinas elétricas girantes engloba dois aspectos Importantes, envolvendo parte elétrica e mecânica. O domínio destas duas áreas é necessário para a mantenibilidade do equipamento como um todo.

Entre os aspectos elétricos, serão abordados itens desde a correta interpretação, bem como métodos e técnicas para a recuperação de eventuais danos elétricos, fatores fundamentais para seu perfeito funcionamento e durabilidade.

Em função da severidade da aplicação e necessidade de operação contínua, muitas vezes a manutenção básica é deixada em segundo plano. Fatores imprescindíveis para a operação do motor tais como relubrificação, alinhamento, dimensionamento, limpeza e especificação, se mal elaborados, refletem negativamente no desempenho da máquina. Como conseqüências ocorrem quebras e paradas inesperadas.

4.2 – PLACA DE IDENTIFICAÇÃO:

A placa de identificação contém as informações que determinam as características nominais e de desempenho dos motores, conforme Norma NBR 7094.

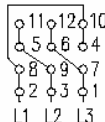
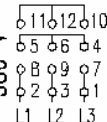
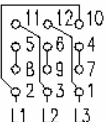



Figura 65: Placa e Identificação de Motor Trifásico

Figura 66: Placa e Identificação de Motor Monofásico

4.2.1 – Interpretando a Placa de Identificação:

Para o motor trifásico :

~ 3 : Se refere a característica de ser um motor trifásico de corrente alternada

250 S/M : O número “250” se refere a carcaça do motor, e corresponde a distância em milímetros medida entre o meio do furo de centro do eixo e a base sobre a qual o motor está afixado; a notação “S e M” deriva do inglês Short = Curto e Medium = Médio, e se refere a distância entre os furos presentes nos pés do motor. Nos demais modelos podem existir também L de Large = Grande.

11/01 : Está relacionada com mês e ano de fabricação do motor, neste caso o motor foi fabricado em novembro de 2001.

AY53872 : Esta codificação é o número de série do motor composto de 2 letras e cinco algarismos. Esta notação está presente na placa de identificação de todos os motores trifásicos e monofásicos, IP55 fabricados a partir de Janeiro de 1995.

60Hz : Freqüência da rede de alimentação para o qual o motor foi projetado.

CAT. N : Categoria do motor, ou seja, características de conjugado em relação a velocidade . Existe três categorias definidas em norma (NBR 7094), que são :
CAT.N : Se destinam ao acionamento de cargas normais como bombas, máquinas operatrizes e ventiladores.
CAT. H : Usados para cargas que exigem maior conjugado na partida, como peneiras britadores, etc.
CAT.D : Usado em prensas excêntricas, elevadores, etc.

kW(HP-cv) 75 (100): Indica o valor de potência em kW e em CV do motor.

1775 RPM : Este valor é chamado de Rotação Nominal (rotações por minuto) ou rotação a plena carga.

FS 1.00 : Se refere a um fator que, aplicado a potência nominal, indica a carga permissível que pode ser aplicada continuamente ao motor sob condições específicas, ou seja, uma reserva de potência que dá ao motor uma capacidade de suportar melhor o funcionamento em condições desfavoráveis.

ISOL.F : Indica o tipo de isolante que foi usado neste motor, e para esse caso a sobrelevação da classe é de 80 K.
São em número de três os isolantes usados pela (Weg) : B (sobrelevação de 80 K), F(sobrelevação de 105K) e H(sobrelevação de 125 K).

IP/IN 8.8 : É a relação entre a corrente de partida (IP) e a corrente nominal (IN). Em outras palavras, podemos dizer que a corrente de partida equivale a 8.8 vezes a corrente nominal.

IP 55 : Indica o índice de proteção conforme norma NBR-6146. O primeiro algarismo se refere à proteção contra a entrada de corpos sólidos e o segundo algarismo contra a entrada de corpos líquidos no interior do motor.

220/380/440 V : São as tensões de alimentação deste motor. Possui 12 cabos de saída e pode ser ligado em rede cuja tensão seja 220V (triângulo paralelo), 380V (estrela paralelo) e 440V (triângulo série). A indicação na placa de "Y" se refere na verdade a tensão de 760V, usada somente durante a partida estrela-triângulo cuja tensão da rede é 440V.

245/142/123 A : Estes são os valores de corrente referentes respectivamente às tensões de 220/380/440V.

REG. S1 : Se refere ao regime de serviço a que o motor será submetido. Para este caso a carga deverá ser constante e o funcionamento contínuo.

Max.amb.: É o valor máximo de temperatura ambiente para o qual o motor foi projetado. Quando este valor não está expresso na placa de identificação devemos entender que este valor é de 40ºC.

ALT. : Indica o valor máximo de altitude para o qual o motor foi projetado. Quando este valor não estiver expresso na placa de identificação devemos entender que este valor é de 1000 metros. Ao lado dos dados citados acima, temos os esquemas de ligação possíveis na rede de alimentação.

Logo abaixo dos dados, podemos ver a indicação dos rolamentos que devem ser usados no mancal dianteiro, traseiro e sua folga. Para este caso temos os rolamentos 6314-C3. Temos indicado também o tipo e a quantidade de graxa (gramas) a ser usada, e o período em horas que deve ser feita a relubrificação.

Ao lado temos a indicação do peso aproximado em Kilogramas deste motor (462 Kg).

REND.% = 92,5% : Indica o valor de rendimento. Seu valor é influenciado pela parcela de energia elétrica transformada em energia mecânica. O rendimento varia com a carga a que o motor está submetido.

COS j = 0.87 : Indica o valor de fator de potência do motor, ou seja, a relação entre a potência ativa (kW) e a potência aparente(kVA). O motor elétrico absorve energia ativa (que produz potência útil) e energia reativa (necessária para a magnetização do bobinado).

00022 = Indica o item do motor que foi programado na fábrica. Para o motor monofásico não temos número de série como identificação, somente o item do motor na placa/etiqueta. Uma característica a ser observada na placa do motor monofásico é o valor do capacitor (quando utilizar). No exemplo temos 1 x 216 a 259 µF em 110V.

4.3 – ASPECTOS ELÉTRICOS:

4.3.1 – Motores Elétricos:

O motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. É o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização da energia elétrica – baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

4.3.1.1 – Motores Monofásicos:

O enrolamento é constituído de pares de pólos (pólo “norte” e pólo “sul”) cujos efeitos se somam. A corrente que percorre o enrolamento cria um campo magnético. O fluxo magnético atravessa o rotor entre os dois “pólos” e se fecha através do núcleo do estator. Como a corrente é alternada, então o pólo hora é positivo, hora é negativo – logo o rotor “tentará” acompanhar o campo girante do estator. Daí deriva o nome de motor de indução.

4.3.1.2 – Motores Trifásicos:

O enrolamento trifásico é similar ao monofásico citado acima, com a diferença de que agora existem três fases distribuídas simetricamente, ou seja, defasadas entre si de 120º. Se este enrolamento é alimentado por um sistema trifásico cada corrente I_1, I_2 e I_3 criarão do mesmo modo os campos magnéticos H_1 ,H_2 e H_3. Estes campos estão espaçados entre si de 120º.

4.3.2 – Alimentação dos Motores:

É muito importante que se observe a correta alimentação da rede de energia elétrica. A seleção dos condutores, sejam os dos circuitos de alimentação dos motores, sejam dos circuitos terminais ou de distribuição, deve ser baseada na corrente nominal dos motores, conforme ABNT-NBR 5410.

Os motores trifásicos geralmente são disponíveis nas tensões:

220/380/440 V e 760 V somente para partida

ou

380/660 V

Monofásicos em:

110/220 V ou 220/440 V

☛ **Outras tensões são possíveis, com prévia consulta ao fabricante.**

4.3.3 – Tipos de Partida de Motores Elétricos:

Vários são os métodos utilizados hoje para se partir o motor elétrico, para tanto citaremos aqui os mais utilizados:

4.3.3.1 – Partida Direta:

Sempre que possível a partida de um motor elétrico trifásico de gaiola deverá ser direta, por meio de contatores. Deve-se ter em conta que para um determinado motor, as curvas de conjugado e corrente são fixas, independente da carga, para uma tensão constante. No caso em que a corrente de partida do motor é elevada pode ocorrer as seguintes conseqüências:

1º) Elevada queda de tensão no sistema de alimentação da rede. Em função disso, provoca interferência em equipamentos instalados no sistema.

2º) O sistema de proteção (cabos, contatores) deverá ser superdimensionado, ocasionando custo elevado.

3º) A imposição das concessionárias de energia elétrica que limitam a queda de tensão da rede. Caso a partida direta não seja possível devido aos problemas citados acima, pode ser usado um sistema de partida indireta, visando reduzir a corrente de partida.

Nota : A NBR 5410, item 6.5.3.2, pg. 93 cita que para partida direta de motores com potência acima de 3,7 kW(5CV), em instalações alimentadas por rede de distribuição pública em baixa tensão, deve ser consultada a concessionária local.

4.3.3.2 – Chave Estrela - Triângulo:

É fundamental para este tipo de partida que o motor tenha a possibilidade de ligação em dupla tensão, ou seja, **220/380V**, **380/660V** ou **440/760V**. Os motores deverão ter no mínimo seis bornes de ligação. Deve-se ter em mente que o motor deverá partir a vazio. A partida estrela - triângulo poderá ser usada quando a curva de conjugado do motor é suficientemente elevada para poder garantir a aceleração da máquina com a corrente reduzida. Na ligação estrela a corrente fica reduzida para 25% a 33% da corrente de partida na ligação triângulo. Também a curva de conjugado é reduzida na mesma proporção. Por esse motivo, sempre que for necessário uma partida com chave estrela - triângulo, deverá ser usado um motor com curva de conjugado elevado.

O conjugado resistente da carga não pode ultrapassar o conjugado de partida do motor, e nem a corrente no instante da mudança para triângulo poderá ser de valor inaceitável. Existem casos em que este sistema de partida não pode ser usado, como no caso em que o conjugado resistente é muito alto. Se a partida é em estrela, o motor acelera a carga até aproximadamente 85% da rotação nominal. Neste ponto a chave deverá ser ligada em triângulo. Neste caso, a corrente que era aproximadamente a nominal, salta repentinamente, o que não é nenhuma vantagem, uma vez que a intenção é justamente a redução da corrente de partida.

4.3.3.3 – Partida com Chave Série - Paralelo:

Para a partida com chave série-paralelo é necessário que o motor seja religável para duas tensões, a menor delas igual a da rede e a outra duas vezes maior. Este tipo de ligação exige nove terminais do motor e a tensão nominal mais comum é 220/440V, ou seja, durante a partida o motor é ligado na configuração série até atingir sua rotação nominal e, então, faz-se a comutação para a configuração paralelo.

4.3.3.4 – Partida com Chave Compensadora (Auto- Transformador):

A chave compensadora pode ser usada para a partida de motores sob carga. Ela reduz a corrente de partida, evitando assim uma sobrecarga no circuito, deixando porém, o motor com conjugado suficiente para a partida e aceleração. A tensão na chave compensadora é reduzida através de auto-transformador que possui normalmente os taps de 50%, 65% e 80% da tensão nominal.

4.3.3.5 – Soft- Start (Partida Eletrônica):

O avanço da eletrônica permitiu a criação da chave de partida a estado sólido, a qual consiste de um conjunto de pares de tiristores (SCR Silicon Controlled Rectifier ou combinações de tiristores/diodos), um em cada borne de potência do motor.

O ângulo de disparo de cada par de tiristores é controlado eletrônicamente para aplicar uma tensão variável aos terminais do motor durante a aceleração. No final do período de partida, ajustável tipicamente entre 2 e 30 segundos, a tensão atinge seu valor pleno após uma aceleração suave ou uma rampa ascendente, ao invés de ser submetido a incrementos ou saltos repentinos. Com isso, consegue-se manter a corrente de partida (na linha) próxima da nominal e com suave variação.

Além da vantagem do controle da tensão (corrente) durante a partida, a chave eletrônica apresenta também, a vantagem de não possuir partes móveis ou que gerem arcos, como nas chaves mecânicas.

4.3.3.6 – Inversor de Freqüência:

Do mesmo modo que a evolução da eletrônica possibilitou a criação da Soft Start, onde controlamos a tensão aplicada ao motor na partida, proporcionou também a possibilidade de controle da freqüência e conseqüente variação de velocidade do motor, sendo esta sua principal função.

Os inversores promovem uma conversão indireta de freqüência, ou seja, a corrente alternada é retificada para corrente contínua (CA-CC). A partir da retificação, controlada ou não, a tensão contínua é chaveada para obter um trem de pulsos que alimenta o motor. Devido à natureza indutiva do motor, a corrente que circula tem um aspecto de corrente alternada. Em resumo, os inversores convertem CA em CC e novamente em CA.

Características Operacionais

A tensão aplicada na bobina de um estator é dada por:

$$E_1 = 4{,}44 \, . \, f_1 \, . \, N_1 \, . \, \Phi$$

Portanto, o fluxo no entreferro é diretamente proporcional à relação entre tensão e freqüência, como mostra a equação :

$$\Phi = E_1 \, / \, f_1$$

Onde:

E1 = Tensão aplicada na bobina do estator (V)
f1 = Freqüência da tensão estatórica (Hz)
N1 = Número de espiras no estator
Φ = Fluxo de magnetização (Wb)

Para um desempenho adequado do motor de indução, especialmente com respeito ao conjugado desenvolvido, o fluxo no entreferro deve ser mantido o mais constante possível. Assim ao variar a freqüência, a tensão aplicada também deve variar para manter o fluxo magnético constante.

Os inversores devem manter uma relação linear entre tensão e freqüência até o ponto de tensão e freqüência nominais, como mostra a figura abaixo. Para freqüências mais altas que a nominal, não é possível.

4.4 – MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO:

O motor de indução trifásico é composto fundamentalmente de duas partes:

- Estator
- Rotor.

4.4.1 – Estator:

Carcaça: É a estrutura suporte do conjunto; de constituição robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão e (neste caso) com aletas;

Núcleo de chapas: As chapas são de aço magnético, tratadas termicamente para reduzir ao mínimo as perdas no ferro;

Enrolamento trifásico: Três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico ligado à rede trifásica de alimentação.

4.4.2 – Rotor:

Eixo: Transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor. É tratado termicamente para evitar problemas como empenamento e fadiga;

Núcleo de chapas: As chapas possuem as mesmas características das chapas do estator; Barras e anéis de curto-circuito ou de alumínio injetado: são de barras de cobre eletrolítico ou de alumínio.

Outras partes do motor de indução trifásico:

- Tampas;
- Ventilador;
- Proteção do ventilador;
- Caixa de ligação;
- Placa de bornes;
- Rolamentos.

4.5 – MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS ELÉTRICAS GIRANTES E SEUS COMPONENTES:

4.5.1 – Plano de Manutenção:

A) MOTOR COMPLETO:

- Diariamente: inspeção de ruído e vibração;
- Cada 3 meses: drenar água condensada;
- Anualmente: reapertar parafusos;
- Cada 3 anos: desmontar o motor;
- Checar partes e peças.

B) ENROLAMENTO DO ESTATOR E ROTOR:

- Anualmente: Inspeção visual;
- Cada 3 anos: Limpeza; checar fixação do enrolamento;
- Medir resistência de isolação.

C) MANCAIS:

- Diariamente: Controle de ruído;
- Semanalmente: Reengraxar: respeitar intervalos, conforme placa de lubrificação;
- Cada 3 anos: Limpeza dos mancais, substituir, se necessário, (mancal de bucha);
- Inspecionar pista de deslize (eixo) e recuperar, quando necessário.

D) CAIXAS DE LIGAÇÃO, ATERRAMENTOS:

- Anualmente: Limpar interior, reapertar parafusos;
- Cada 3 anos: Limpar interior e reapertar parafusos.

E) ACOPLAMENTO:

- Semanalmente: Após a 1a semana: cheque alinhamento e fixação;
- Anualmente: Cheque alinhamento e fixação;
- Cada 3 anos: Cheque alinhamento e fixação.

F) DISPOSITIVOS DE MONITORAÇÃO:

- Semanalmente: Registre os valores da medição;
- Cada 3 anos: Se possível, desmontar e testar seu modo de funcionamento.

G) FILTRO:

- Cada 3 meses: Limpe;
- Anualmente: Limpe;
- Cada 3 anos: Limpe.

4.6 – DANOS COMUNS A MOTORES DE INDUÇÃO:

4.6 1 – Curto entre Espiras:

O curto circuito entre espiras pode ser conseqüência de coincidirem dois pontos defeituosos na isolação dos fios.

Nas três fases se manifestam correntes desiguais cuja diferença dependerá do dano ocorrido. Poderá ser tão pequeno que a proteção não atue.

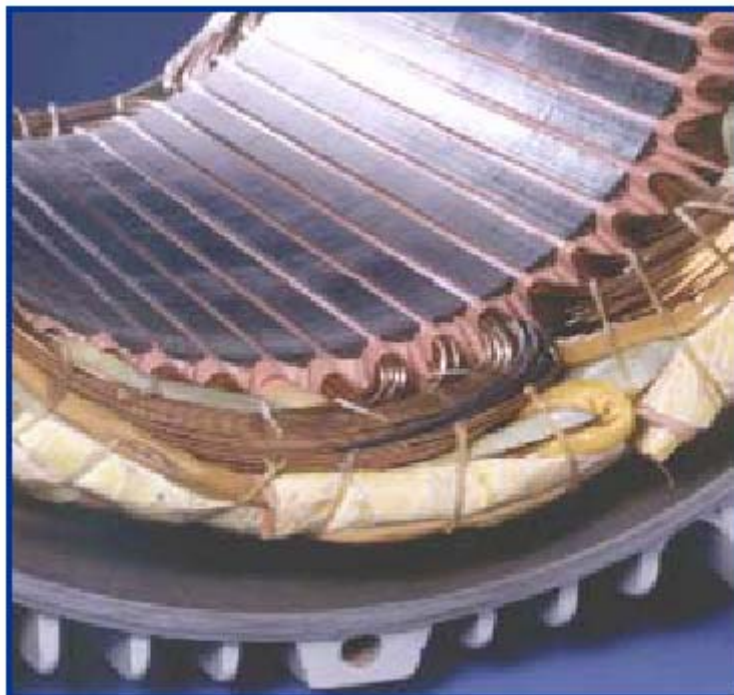



Figura 67: Curto entre Espiras

4.6 2 – Danos Causados ao Enrolamento:

4.6 2.1 – Uma fase do enrolamento queimada:

Este dano ocorre quando o motor trabalha ligado em triângulo e falta corrente numa fase. A corrente sobe de 2 a 2,5 vezes no enrolamento restante ao mesmo tempo em que a rotação cai acentuadamente.

Figura 68: 01 Fase do enrolamento queimada

4.6 2.2 – Duas fases do enrolamento queimadas:

Este defeito ocorrerá se faltar corrente num condutor da rede e o enrolamento estiver ligado em estrela. Uma das fases fica com I = 0 enquanto as outras duas absorvem toda a potência elevando suas correntes absorvidas.

Figura 69: 02 Fases do enrolamento queimadas

4.6 2.3 – Três fases do enrolamento queimadas:

Sobrecarga: motor protegido somente com fusíveis. A Conseqüência será a carbonização progressiva dos fios e da isolação, culminando com um curto entre espiras ou curto contra a massa.

Ligação do motor incorreta: por exemplo, um motor 220/380 V é ligado através de estrela-triângulo a uma rede de 380 V. A corrente absorvida será tão alta que o enrolamento queimará em poucos segundos.

Figura 70: 03 Fases do enrolamento queimadas

4.6 2.4 – Curto entre fases:

Esta foto mostra um defeito típico causado por uma falha de isolação entre as cabeças de bobinas de fases diferentes.

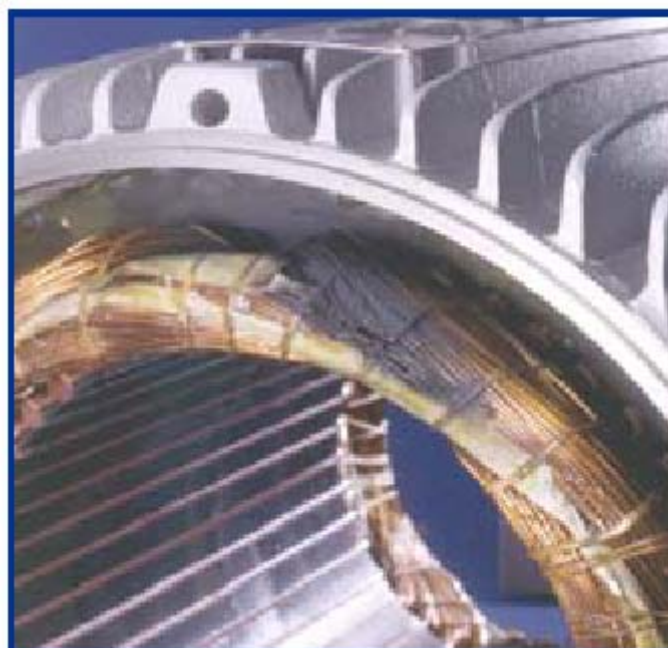



Figura 71: Curto entre Fases

4.6 2.5 – Curto contra massa dentro da ranhura:

Este dano pode ser oriundo de um curto entre espiras ou ainda de uma falha de isolação em relação à massa.

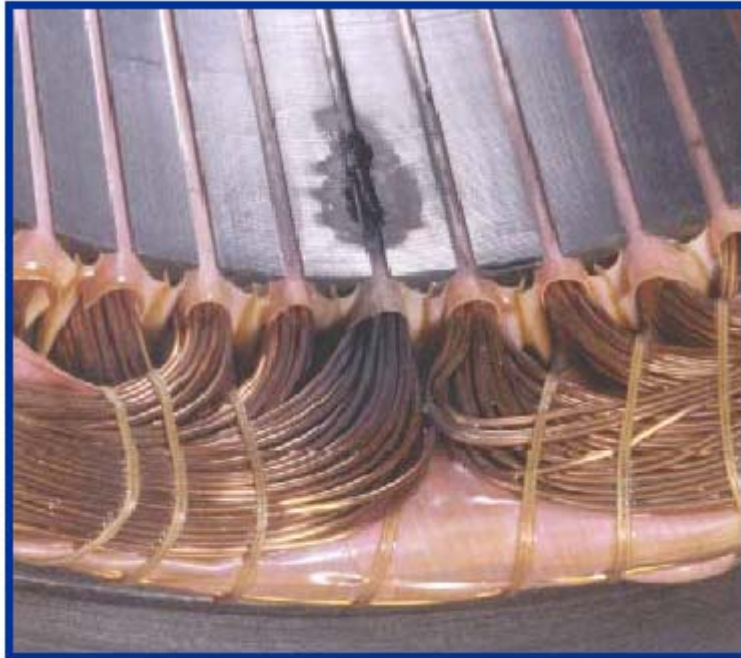



Figura 72: Curto contra a massa dentro da ranhura

4.6 2.6 – Fase danificada por desbalanceamento da tensão da rede:

A queima do isolamento de uma fase pode ser resultado de tensões desequilibradas. Um desequilíbrio de tensão de 1% pode resultar num desequilíbrio de corrente de 6 a 10%.

4.6 2.7 – Queima por rotor bloqueado:

A queima total do isolamento em todas as fases do motor caracteriza que a corrente circulante foi muito elevada. Uma das condições pode ser o rotor bloqueado ou ainda devido a partidas e reversões excessivas.

4.6 2.8 – Queima por pico de tensão:

Defeitos como estes no isolamento são causados por pico de tensão, que ocorre muitas vezes na comutação de circuitos de força, descargas atmosféricas, descargas de capacitores e de dispositivos de força de semicondutores.

4.6 2.9 – Curto contra massa na saída da ranhura:

Outro defeito causado por falha de isolamento na saída de ranhura. Deve-se atentar no momento da acomodação das cabeças de bobinas para evitar o rompimento do material isolante.

4.6 3 – Causas de Sobreaquecimento:

Causas de sobreaquecimento	Proteção em função da corrente		Proteção com sondas térmicas no motor
	Só fusível	Fusível e protetor térmico	
1. Sobrecarga com corrente 1,2 corrente nominal.	não protegido	protegido	protegido
2. Regimes de carga S1 a S8 EB 120.	não protegido	semi-protegido	protegido
3. Frenagens, reversões e funcionamento com partidas freqüentes.	não protegido	semi-protegido	protegido
4. Funcionamento com mais de 15 partidas por hora.	não protegido	semi-protegido	protegido
5. Rotor bloqueado.	semi-protegido	semi-protegido	protegido
6. Falta de fase.	não protegido	semi-protegido	protegido
7. Variação de tensão excessiva.	não protegido	protegido	protegido
8. Variação de freqüência na rede.	não protegido	protegido	protegido
9. Temperatura ambiente excessiva.	não protegido	protegido	protegido
10. Aquecimento externo provocado por rolamentos, correias, polias, etc.	não protegido	não protegido	protegido
11. Obstrução na ventilação.	não protegido	não protegido	protegido

4.7 – INSTRUÇÕES PARA A DETERMINAÇÃO DA CAUSA E ELIMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES ANORMAIS NO MOTOR:

NOTA: As instruções a seguir constituem uma relação básica de anormalidades, causas e ações corretivas.

ANORMALIDADE	POSSÍVEIS CAUSAS	CORREÇÃO
- Não dá partida nem acoplado e nem desacoplado.	- No mínimo dois cabos de alimentação estão interrompidos, sem tensão. - Rotor está bloqueado. - Problemas nas escovas. - Mancal danificado.	- Verificar o painel de comando, os cabos de alimentação, os bornes, o assentamento das escovas. - As escovas podem estar gastas, sujas ou colocadas incorretamente. - Substitua o mancal.
- Motor parte a vazio, mas falha ao se aplicar carga. Parte muito lentamente e não atinge rotação nominal.	- Torque de carga muito grande durante a partida. - Tensão de alimentação muito baixa. - Queda de tensão muito alta nos cabos de alimentação. - Rotor com barras falhadas ou interrompidas. - Um cabo de alimentação ficou interrompido após a partida.	- Não aplicar carga na máquina acionada durante a partida. - Medir a tensão de alimentação, ajustar o valor correto. - Verificar dimensionamento da instalação (transformador, seção dos cabos, verificar relés, disjuntores, etc.). - Verificar e consertar o enrolamento do rotor (gaiola), testar dispositivo de curto-circuito (anéis). - Verificar os cabos de alimentação.
- A corrente do estator oscila em carga com o dobro de freqüência de escorregamento, o motor apresenta zumbido na partida.	- Enrolamento do rotor está interrompido. - Problemas nas escovas.	- Verificar e consertar o enrolamento do rotor e dispositivo de curto-circuito. - As escovas podem estar gastas, sujas ou colocadas incorretamente.
- Corrente a vazio muito alta.	- Tensão de alimentação muito alta.	- Medir a tensão de alimentação e ajustá-la no valor correto.
- Aquecimentos localizados no enrolamento do estator.	- Curto-circuito entre espiras. - Interrupção de fios paralelos ou fases do enrolamento do estator. - Ligação deficiente.	- Rebobinar. - Refazer a ligação.
- Aquecimentos localizados no rotor.	- Interrupções no enrolamento do rotor.	- Consertar enrolamento do rotor ou substituí-lo.
- Ruído anormal durante operação em carga.	- Causas mecânicas. - Causas elétricas.	- O ruído normalmente diminui com a queda de rotação; veja também: "operação ruidosa quando desacoplado". - O ruído desaparece ao se desligar o motor. Consultar o fabricante.
- Quando acoplado aparece ruído, desacoplado o ruído desaparece.	- Defeito nos componentes de transmissão ou na máquina acionada. - Defeito na transmissão de engrenagem. - Base desalinhada/desnivelada. - Balanceamento deficiente dos componentes ou da máquina acionada. - Acoplamento. - Sentido de rotação do motor errado.	- Verificar a transmissão de força, o acoplamento e o alinhamento. - Alinhe o acionamento. - Realinhar/nivelar o motor e a máquina acionada. - Fazer novo balanceamento. - Inverta a ligação de 2 fases.

ANORMALIDADE	POSSÍVEIS CAUSAS	CORREÇÃO
- Enrolamento do estator esquenta muito sob carga.	- Refrigeração insuficiente devido a canais de ar sujos. - Sobrecarga. - Elevado número de partidas ou momento de inércia muito alto. - Tensão muito alta, consequentemente, as perdas no ferro são muito altas. - Tensão muito baixa, consequentemente a corrente é muito alta. - Interrupção em um cabo de alimentação ou em uma fase do enrolamento. - Rotor arrasta contra o estator. - A condição de operação não corresponde aos dados na placa de identificação. - Desequilíbrio na alimentação (fusível queimado, comando errado). - Enrolamento sujos. - Dutos de ar interrompidos. - Filtro de ar sujo. - Sentido de rotação não compatível com o ventilador utilizado.	- Abrir e limpar os canais de passagens de ar. - Medir a corrente do estator, diminuir a carga, analisar a aplicação do motor. - Reduzir o número de partidas. - Não ultrapassar a 110% da tensão nominal, salvo especificação na placa de identificação. - Verificar a tensão de alimentação e a queda de tensão no motor. - Medir a corrente em todas as fases e corrigir. - Verificar entreferro, condições de funcionamento (vibração...), condições dos mancais. - Manter a condição de operação conforme placa de identificação, ou reduzir a carga. - Verificar se há desequilíbrio das tensões ou funcionamento com duas fases e corrigir. - Limpe. - Limpar o elemento filtrante. - Analisar o ventilador em função do sentido de rotação do motor.
- Operação ruidosa quando desacoplado.	- Desbalanceamento. - Interrupção em uma fase do enrolamento do estator. - Parafusos de fixação soltos. - As condições de balanceamentos do rotor pioram após a montagem do acoplamento. - Ressonância da fundação. - Carcaça do motor distorcida. - Eixo torto. - Entreferro não uniforme.	- O ruído continua durante a desaceleração após desligar a tensão. - Fazer novo balanceamento. - Medir a entrada de corrente de todos os cabos de ligação. - Reapertar e travar os parafusos. - Balancear o acoplamento. - Ajustar o fundamento. - Verificar planicidade da base. - O eixo pode estar empenado; - Verificar o balanceamento do rotor e a excentricidade. - Verificar o empenamento do eixo ou o desgaste dos rolamentos.
- Motor de anéis funcionando a uma velocidade baixa com resistência externa desligada.	- Condutores mal dimensionados entre motor e reostato. - Circuito aberto nos enrolamentos do rotor (incluindo ligações com reostato. - Sujeiras entre a escova e o anel coletor. - Escovas presas no alojamento. - Pressão incorreta sobre as escovas. - Anéis coletores com superfícies ásperas ou anéis ovalizados. - Densidade de corrente alta nas escovas. - Escovas mal assentadas.	- Redimensionar os condutores. - Testar continuidade. - Limpar os anéis coletores e o conjunto isolante. - Verificar mobilidade das escovas nos alojamentos. - Verificar a pressão sobre cada escova e corrigir, se necessário. - Limpar, lixar e polir ou usinar, quando necessário. - Adequar as escovas a condição de carga. - Assentar corretamente as escovas.
- Faíscamento.	- Escovas mal assentadas. - Pressão baixa entre escovas e anéis. - Sobrecarga. - Anéis coletores em mau estado (ovalizados, superfícies ásperas, estrias...). - Escovas presas nos alojamentos. - Vibração excessiva. - Baixa carga provocando danificação aos anéis coletores.	- Corrigir o assentamento da escovas e estabelecer a pressão normal. - Adequar a carga às características do motor ou dimensionar novo motor para aplicação. - Usinar os anéis coletores. - Verificar a mobilidade das escovas os alojamentos. - Verificar origem da vibração e corrigir. - Adequar as escovas a real condição de carga e usinar os anéis coletores.

4.8 – DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO TÉRMICA PARA MOTORES:

4.8.1 – Termostatos:

4.8.1.1 – Termostato Bimetálico:

Funciona com interrupção dupla de corrente, agindo instantaneamente quando alcança a temperatura desejada. A corrente não passa pelo bimetal, sendo assim, o mesmo não é sensível a corrente.

<table>
<tr><th>Características</th><th>Aplicação</th><th>Instalação</th></tr>
<tr><td>Bimetálicos</td><td rowspan="5">Sinalizador para alarme e/ou Desligamento</td><td>Na cabeça de bobina do lado oposto a ventilação</td></tr>
<tr><td>Baixo Custo</td><td>Nos Mancais</td></tr>
<tr><td>Sensível a Temperatura e Corrente</td><td rowspan="3">Pode ser ligado em Série ou Individual</td></tr>
<tr><td>Ligado na Bobina do Contator</td></tr>
<tr><td>Tempo de Resposta Alto</td></tr>
</table>

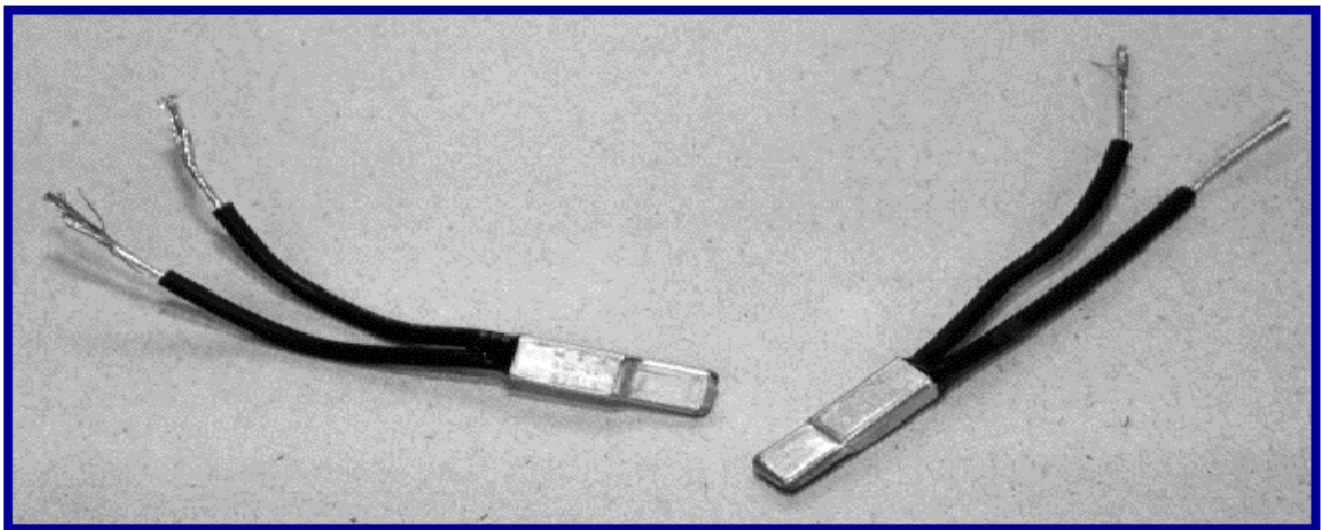



Figura 73: Termostato bimetálico

Características Técnicas:

- Tensão nominal : 250 v , 60/50;
- Corrente nominal : 6,3 a - fp 1,0;
- Carga máxima : 8,2a - 500v, 10a - 150v, 12a - 110v;
- Vida útil : 10000 ciclos (com carga nominal).

4.8.1.2 – Termistores (PTC):

Material Semicondutor pode ser:

- PTC – Coeficiente de Temperatura Positivo;
- NTC – Coeficiente de temperatura Negativo.

Aplicações:

- Sinalizador para alarme ou desligamento (+/- 87 ohms a 25ºC).

Características:

- Baixo custo;
- Pequena dimensão;
- Sem contatos móveis;
- Fragilidade;
- Necessidade de relé para comando da atuação.

<table>
<tr><th>Características</th><th>Aplicação</th><th>Instalação</th></tr>
<tr><td>Baixo custo</td><td rowspan="5">Sinalizador para alarme e/ou Desligamento</td><td rowspan="2">Dentro da cabeça de bobina no lado oposto a ventilação</td></tr>
<tr><td>Pequena dimensão</td></tr>
<tr><td>Sem contatos móveis</td><td rowspan="3">Pode ser ligado em série ou individual</td></tr>
<tr><td>Elemento frágil</td></tr>
<tr><td>Necessidade relé para comando e atuação</td></tr>
</table>

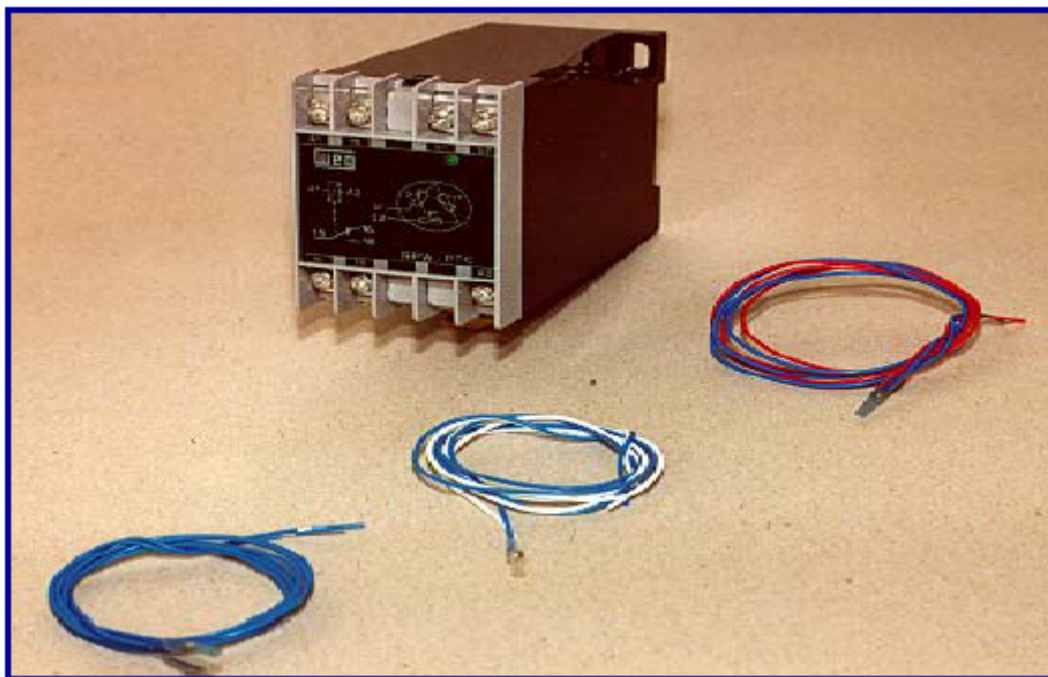



Figura 74: Termistores PTC

4.8.1.3 – Termoresistência:

Resistências Calibradas
Pt 100, Ni 100, Cu 100.

Aplicações:

Monitorar temperatura dos mancais e dos enrolamentos.

Características :

- Tempo de resposta <5s;
- Monitoramento da temperatura;
- Alto grau de precisão;
- Vários níveis de sinalização e comando possíveis, dependendo do circuito controlador;
- Alto custo dos elementos sensores e do circuito de controle.

Características	Aplicação	Instalação
Tempo de resposta curto ≤ 5s	Monitorar a temperatura dos mancais e dos enrolamentos	Na cabeça de bobina e nos mancais
Monitoramento da temperatura		
Alto grau de precisão		
Vários níveis de sinalização e comando possíveis, dependendo do circuito controlador		
Alto custo dos elementos sensores		

4.8.1.4 – Resistência de Aquecimento:

Quando o motor encontra-se equipado com resistência de aquecimento para impedir a condensação de água durante longos períodos sem operação estas devem ser ligadas de modo a serem sempre energizadas logo após o desligamento do motor e serem desenergizadas logo que o motor entre em operação.

O desenho dimensional e uma placa de identificação específica existente no motor indica o valor da tensão de alimentação e a potência das resistências instaladas.

Esquema de ligação da resistência de aquecimento.

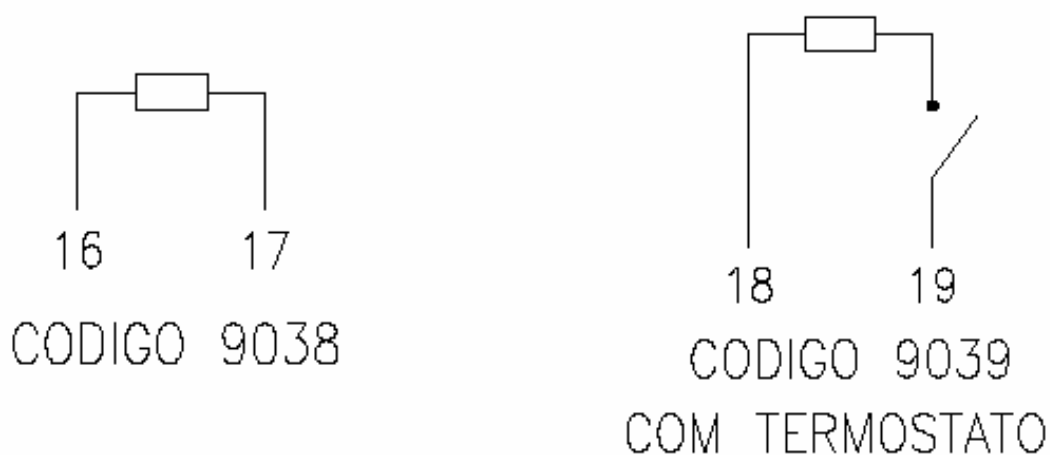



Figura 75: Resistência de Aquecimento

Características	Aplicação	Instalação
Potência determinada por carcaça	Reduzir a umidade no interior dos motores	Nas cabeças de bobina
Frágil		Pode ser inserido antes ou após a impregnação
Tensão de alimentação em 110, 220 e 440V		

Cuidados:

- Manuseio: devido a fragilidade das conexões e cabos;
- Amarrações: pode romper o silicone.

4.9 – ENTRADA EM SERVIÇO E EXAMES PRELIMINARES:

Antes de ser dada a partida inicial em um motor elétrico é necessário:

1	Verificar se o mesmo poderá rodar livremente, removendo-se todos os dispositivos de bloqueio e calços utilizados no transporte;
2	Certificar-se de que a tensão e a freqüência estão de acordo com o indicado na placa de identificação.
3	Observar se as ligações estão de acordo com o esquema de ligação impresso na placa de identificação, e verificar se todos os parafusos e porcas dos terminais estão devidamente apertados
4	Acionar o motor desacoplado para verificar se está girando livremente e no sentido desejado
5	Verificar se o motor está corretamente fixado e se os elementos de acoplamento estão corretamente montados e alinhados;
6	Verificar se o motor está devidamente aterrado. Desde que não haja especificações exigindo montagem isolada do motor, será necessário aterrá-lo, obedecendo às normas vigentes para ligação de máquinas elétricas à terra
7	Para o aterramento do motor deverá ser usado o parafuso existente na caixa de ligação ou no pé da carcaça
8	Verificar se os cabos de ligação à rede, bem como as fiações dos controles e proteções contra sobrecarga estão de acordo com as normas técnicas da ABNT
9	Se o motor estiver estocado em local úmido, ou estiver parado por muito tempo, medir a resistência de isolamento
10	Para inverter a rotação do motor trifásico, basta inverter as ligações à rede de duas das fases de alimentação
11	Os motores que possuem uma seta na carcaça assinalando o sentido de rotação deverão girar somente na direção indicada.

4.10. – ENSAIOS DE VERIFICAÇÃO DO ESTADO DE UTILIZAÇÃO DOS MOTORES:

4.10.1 – Resistência de Isolamento:

Quando o motor não é colocado imediatamente em serviço, deve-se protegê-lo contra umidade, temperatura elevada e sujeiras, evitando assim, que a resistência de isolamento sofra com isso.

A resistência de isolamento do enrolamento deve ser medida antes da entrada em serviço.

Se o ambiente for muito úmido, é necessária uma verificação periódica durante a armazenagem. É difícil prescrever regras fixas para o valor real da resistência do isolamento de uma máquina, uma vez que ela varia com as condições ambientais (temperatura, umidade), condições de limpeza da máquina (pó, óleo, graxa, sujeira) e qualidade e condições do material isolante utilizado. Considerável dose de bom senso, fruto de experiência, deverá ser usada, para concluir quando uma máquina está ou não apta para o serviço.

Registros periódicos são úteis para esta conclusão.

As regras seguintes indicam a ordem de grandeza dos valores que podem ser esperados em máquina limpa e seca, a 40ºC, quando a tensão de ensaio é aplicada durante 1 minuto, fornecida pela curva da figura 76, conforme NBR 5383. Acréscimo p/ o ponto mais quente.

A resistência do isolamento é dada pela fórmula:

$$R_{40°C} = Rt \times Kt40°C$$

Onde:

$R_{40ºC}$ - Resistência de isolamento mínima recomendada em MegaOhm com o enrolamento à temperatura de 40ºC.

Kt40ºC – Coeficiente da variação da resistência de isolamento.

Se o ensaio for feito em temperatura diferente, será necessário corrigir a leitura para 40ºC, utilizando-se uma curva de variação da resistência do isolamento em função da temperatura, levantada com a própria máquina. Se não se dispõe desta curva, pode-se empregar a correção aproximada fornecida pela curva da figura 76, conforme NBR 5383.

Em máquinas novas, muitas vezes podem ser obtidos valores inferiores, devido à presença de solvente nos vernizes isolantes que posteriormente se volatilizam durante a operação normal. Isto não significa necessariamente que a máquina está inapta para operação, uma vez que a resistência do isolamento se elevará depois de um período em serviço.

Em máquinas velhas, em serviço, podem ser obtidos freqüentemente valores muito maiores. A comparação com valores obtidos em ensaios anteriores na mesma máquina, em condições similares de carga, temperatura e umidade serve como uma melhor indicação das condições da isolação do que o valor obtido num único ensaio, sendo considerada suspeita qualquer redução grande ou brusca.

4.10.1.1 – Procedimentos de Medição:

Para efetuar estas medições se faz necessário o uso de um Megôhmetro, cujo fundo de escala deve ser no mínimo 500V. Se a resistência do isolamento for menor que os valores obtidos pela fórmula acima, os motores terão que ser submetidos a um processo de secagem.

Para medirmos a Isolação de máquinas elétricas girantes é necessário que o equipamento esteja desconectado da rede e completamente isolado.

Para medirmos o isolamento do estator de um motor de indução deve-se curto-circuitar todos os outros enrolamentos e sensores e conectá-los ao terminal “ GUARD” do megôhmetro, conecta-se nos terminais do estator ao terminal “V” do megôhmetro, e o terminal “ GND” a carcaça do motor.

Aplicar a tensão de ensaio durante 1 minuto e efetuar a medição da resistência de isolamento.

Após a edição é necessário curto-circuitar estator e carcaça a fim de descarregar eventuais cargas elétricas armazenadas no dielétrico bobinado-carcaça.

Importante :

Registros periódicos são úteis para concluir se a máquina está ou não apta a operar.

Finalidade : Verificar a condição do isolamento, e quando deseja-se um resultado quantitativo e o seu registro.

Limites orientativos da resistência de isolamento em máquinas elétricas:

Valor da resistência do isolamento	Avaliação do isolamento
2MΩ ou menor	Ruim
< 50MΩ	Perigoso
50...100MΩ	Regular
100...500MΩ	Bom
500...1000MΩ	Muito Bom
> 1000MΩ	Ótimo

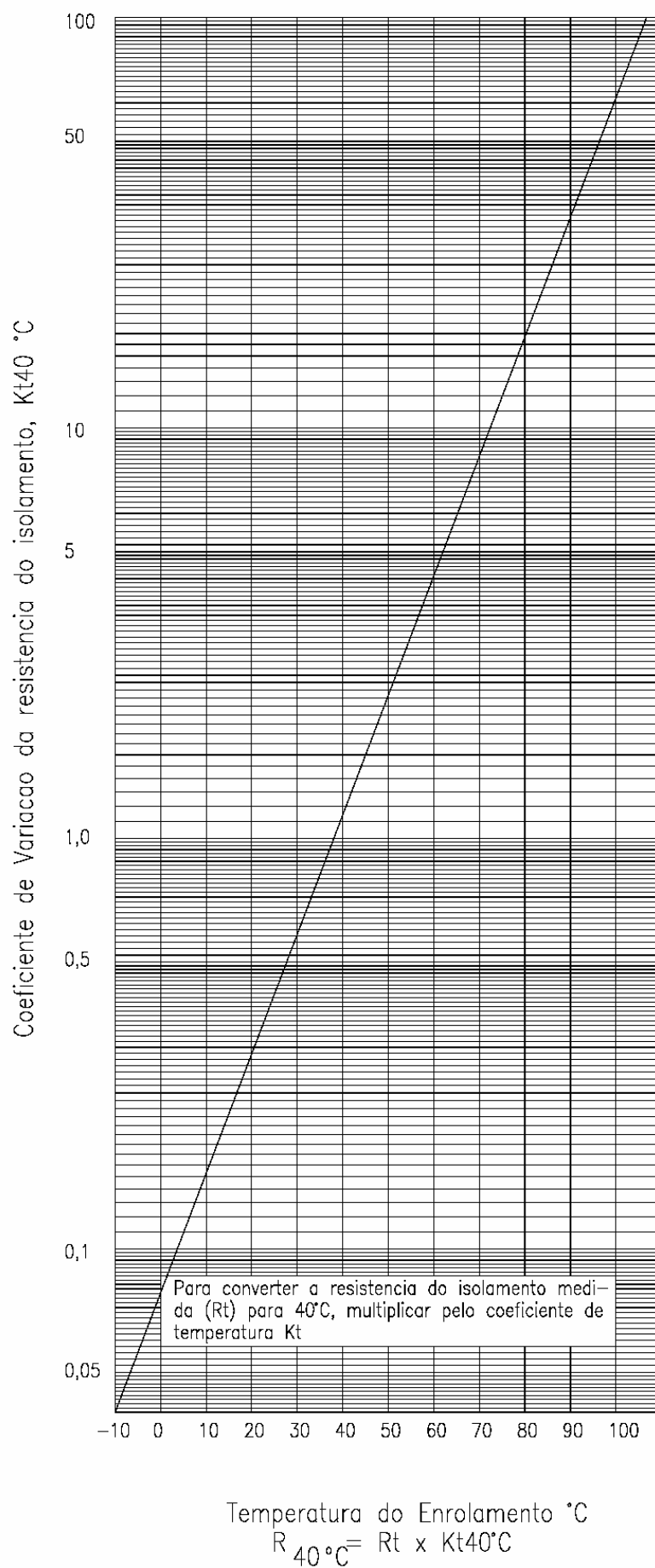



Figura 76: Tabela - Variação da resistência de Isolamento em função da temperatura do enrolamento

4.10.2 – Medição do Índice de Polarização:

Finalidade : Verificar as condições da resistência de isolamento, medindo a isolação do enrolamento em relação a massa metálica do motor.

O motor estando limpo e em boas condições o IP é alto, o motor com sujeira, umidade e/ou graxa na bobinagem, o valor do IP é baixo (Conforme tabela)

Procedimento : Para efetuar esta medição é necessário o uso de um Megôhmetro. Aplicamos tensão contínua do Megôhmetro (2,5KV, ou de acordo com a capacidade do aparelho), e após 1 minuto anotamos o valor da resistência, continuamos com a medição após 10 minutos, anotando o novo valor.

O Índice de Polarização é dado pela fórmula:

$$IP = \frac{R(10`)}{R(1`)}$$

Índice de polarização (relação entre 1 e 10 minutos)

Índice de polarização	Avaliação do isolamento
1 ou menor	Ruim
< 1,5	Perigoso
1,5 a 2,0	Regular
2,0 a 3,0	Bom
3,0 a 4,0	Muito Bom
> 4,0	Ótimo

4.10.3 – Teste da Corrente em Vazio:

Finalidade : Verificar a relação de corrente entre as fases e seu equilíbrio.

Procedimentos : Deve-se ligar o motor em vazio na sua tensão e freqüência nominais, para isso é necessário um painel de teste ou fonte de alimentação; e verificar o equilíbrio das correntes, conforme equação abaixo:

$$\mathbf{DI} = (DMD / MTF) \times 100$$

Onde :

DI = Desequilíbrio de corrente;
DMD = Maior desvio de corrente de fase em relação a média das três fases;
MTF = Média das três fases.
Causas:
O desequilíbrio de correntes pode ser ocasionado em função do desbalanceamento da rede de alimentação, ou da bobinagem incorreta.

Limites:
Para motores IV, VI e VIII pólos, este desequilíbrio não deve exceder ao limite de 10% ($DI \leq 10\%$);
Para motores II pólos, o desequilíbrio máximo admissível é de 20% ($DI \leq 20\%$).

Exemplo :

Motor trifásico;
10CV;
IV pólos;
220/380V;
I1 = 15 A;
I2 = 12 A;
I3 = 11 A.

MTF (média das correntes das três fases) = (I1 + I2 + I3) / 3 = (15 + 12+ 11) / 3

MTF = 12,6 A

DMD = I1 – MTF = 15-12,6 = 2,4 A

DI = (2,4 / 12,6) X 100 = 19% ⟶ O motor ou a rede de alimentação está com problema

4.10.4 – Surge Test:

- Motores de média tensão (acima de 1000 V/fase): aplicar 2 vezes tensão nominal + 1000 V.

- Motores de baixa tensão (abaixo de 1000 V/fase): aplicar no mínimo 1500 V e no máximo o valor do exemplo anterior.

Figura 2.1.3a.

ÚNICO EQUIPAMENTO QUE CONSEGUE DETECTAR CURTO-ESPIRA ANTES DO TESTE.

Figura 2.1.3b.

FIGURA 1 - Curto entre Espiras

FIGURA 2 - Curto entre Bobinas de Mesma Fase

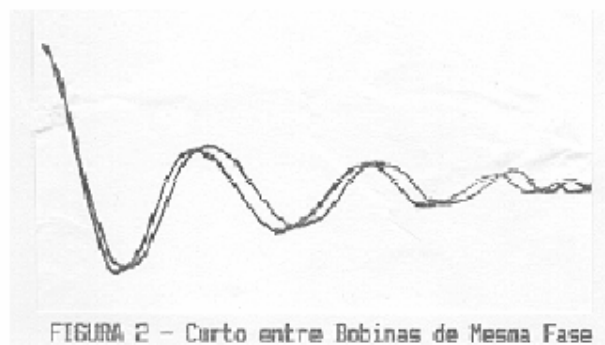
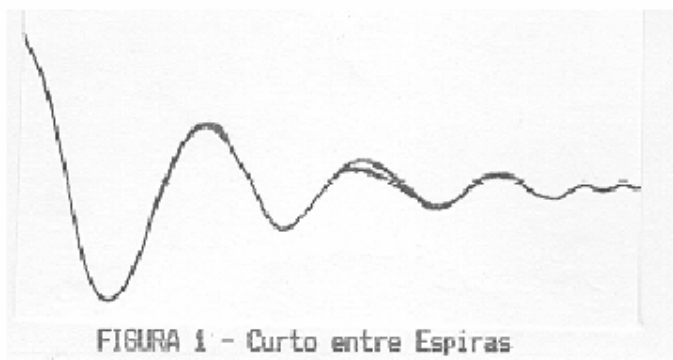
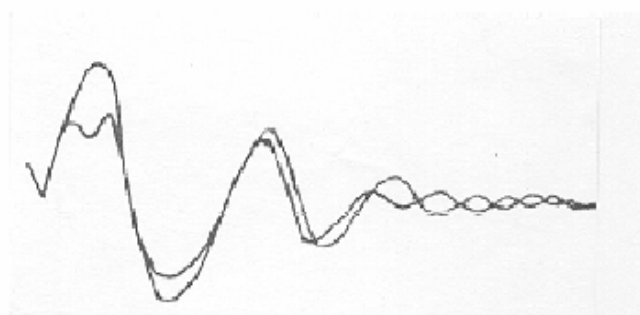



FIGURA 3 - Curto Parcial entre Fases

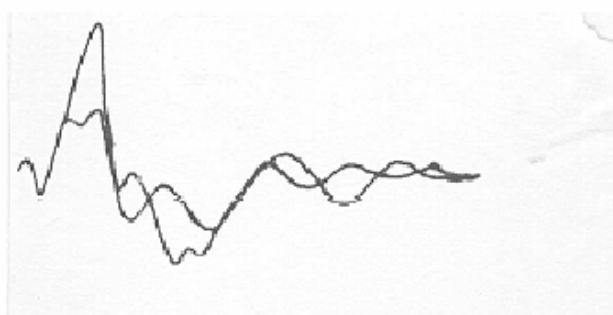



FIGURA 4 - Curto Total entre Fases

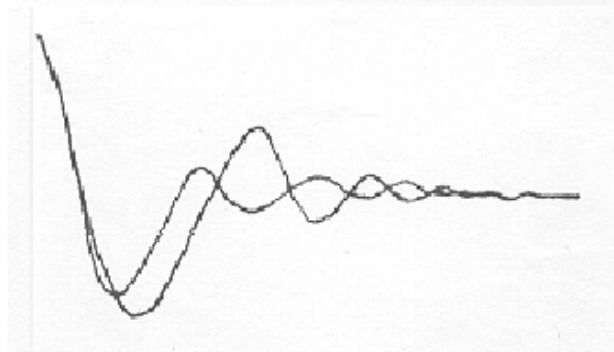



FIGURA 5 - Ligação Imprópria de Bobina

FIGURA 6 - Ligação Invertida de Bobina

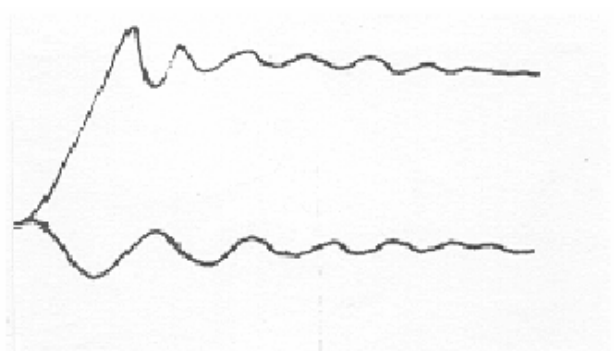



FIGURA 7 - Ligação de Bobina Aberta

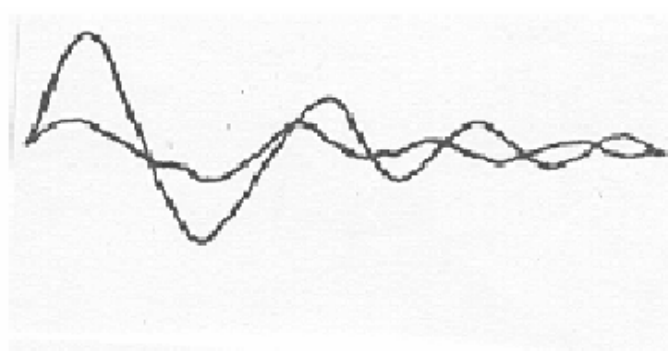



FIGURA 8 - Curto Parcial de Massa

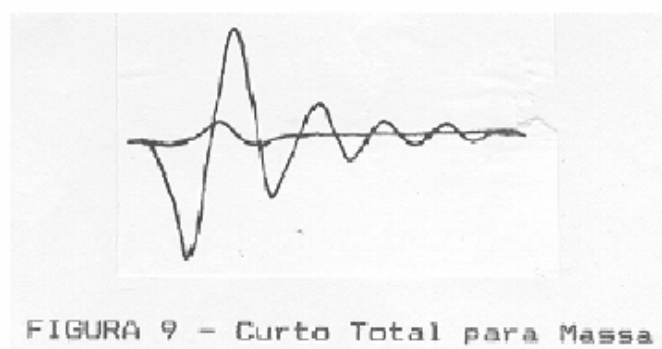



FIGURA 9 - Curto Total para Massa

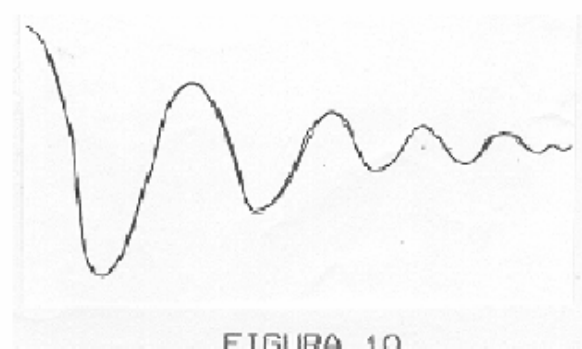



FIGURA 10

4.10.5 – Teste de Tensão Aplicada:

Finalidade : Verificar falha no isolamento do motor,e se há fuga de corrente para a massa.

O Ensaio de tensão aplicada é um ensaio que objetiva garantir que o isolamento de uma máquina oferece segurança aos operadores e à aplicação em que esta está instalada.

Conforme a norma NBR 7094 deve-se aplicar em um motor novo o seguinte valor de tensão aplicada:

Ua = Un + 1000V

Para máquinas parcialmente rebobinadas pode-se aplicar o seguinte valor (acordado entre cliente e fornecedor):

Ua = (Un + 1000V) x 0,75

Para máquinas revisadas pode-se aplicar o seguinte valor de tensão (acordado entre cliente e fornecedor):

Ua = Un x 1,5

OBS.: O ensaio de tensão aplicada em máquinas parcialmente rebobinadas deverá ser realizado de comum acordo entre cliente e fornecedor, visto que este ensaio é destrutivo e estressa violentamente o isolamento.

Procedimentos: Deve-se ter um transformador monofásico (3KV) ou HI – POT; Juntar os terminais do motor e conectar um terminal do equipamento aos cabos do motor e o outro à carcaça; Ajustar gradativamente a tensão de teste num intervalo de 60 segundos e deixar aplicada por mais 60 segundos; A falha no isolamento será detectada se houver fuga de corrente para a carcaça (choque). O defeito será detectado através da deflexão do ponteiro do voltímetro;
Este ensaio também tem o objetivo de avaliar a condição de resistência do isolamento dos motores, portanto pode ser suprimido, caso a resistência já tenha sido verificada.

☛ **Este teste não deve ser repetido com freqüência, pois danifica o material isolante.**

4.10.6 – Medição de Resistência Ôhmica:

Finalidade : Verificar se o valor da Resistência está equilibrada e/ou de acordo com a especificação de fábrica.

O Ensaio de medição da resistência ôhmica se presta a comparar o valor ôhmico do enrolamento com o valor de resistência ôhmica original afim de detectar alguma deficiência no bobinado.

Para a realização deste ensaio são necessários os seguintes equipamentos:

- É necessário ter em mãos um Multiteste ou Ponte Kelvin ou Ponte de Wheatstone;

- Termômetro.

A medição da resistência ôhmica deverá ser feita com o motor a frio com temperatura estabilizada.

Deve-se registrar o valor da resistência ôhmica (em Ohms) e a temperatura ambiente no instante da medição.

Deve-se medir as resistências de fase, e verificar o equilíbrio;

O desequilíbrio de resistências não deve ser superior a 5%, conforme equação abaixo:

$$\frac{\text{Resistência maior}}{\text{Resistência menor}} - 1 \ (X\ 100) \qquad \leq 5\%$$

Exemplo:

Fase1: 0,125Ω . Fase2: 0,130Ω . Fase3: 0,120Ω

Temos :

$$DR = \frac{0,130}{0,120} - 1 \ (x100)$$

$$DR = (1,0833 - 1) \times 100 = 8,33\%$$

Neste caso temos um valor maior que o limite estabelecido, e o motor deve estar com erro na bobinagem.

4.10.7 – Elevação de Temperatura:

O referido ensaio objetiva determinar qual o valor de temperatura que a máquina alcança em condições nominais de operação.

Para a determinação da elevação da temperatura é necessário dispor do valor de resistência ôhmica a frio.

Parte-se a máquina colocando-se carga nominal e acompanhando a evolução da temperatura nos sensores de temperatura (caso a máquina não possua sensor de temperatura, instala-se um termômetro de bulbo no ponto mais quente da carcaça) até que atinja uma variação menor que 1°C no período de uma hora.

Após a estabilização, desliga-se a máquina e assim que ela parar de girar, mede-se a resistência ôhmica a quente e a temperatura ambiente no momento da medição.

Através da equação abaixo determina-se a elevação de temperatura pela variação da resistência ôhmica do cobre da máquina:

$$t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} x(235 + t_1) + t_1 - t_a$$

Onde : t_2 - é a temperatura do enrolamento no fim do ensaio, em grau Celsius;

t_1 - é a temperatura do enrolamento (motor frio com temperatura estabilizada) no momento da medição da resistência R_1 , em graus Celsius.

R_2 - é a resistência do enrolamento no fim do ensaio, em ohms;

R_1 - é a resistência do enrolamento na temperatura t_1, em ohms;

4.10.8 – Loop Test

Finalidade: O Loop-Test tem como objetivo testar o núcleo magnético do estator, antes de rebobinar um motor, para verificar se há ponto quente no núcleo de chapas.

O que é um ponto quente e qual sua conseqüência?

Caso o isolamento elétrico existente entre as lâminas do estator seja danificado em algum ponto (devido a um curto-circuito dentro da ranhura, por exemplo), ocorrerá um aumento muito grande das correntes parasitas naquele ponto, provocando um superaquecimento. Ou seja, aparecerá um ponto quente no núcleo de chapas. Se um motor que apresenta ponto quente for rebobinado, quando estiver operando com carga irá apresentar aquecimento anormal da carcaça, podendo sobreaquecer também os rolamentos (devido a maior dificuldade em dissipar seu calor). Como conseqüência, em pouco tempo poderá ocorrer falha do rolamento e/ou nova queima do motor. Saliente-se que o ponto quente irá sobreaquecer o motor praticamente sem aumentar a corrente, e nesse caso o relé térmico não protegerá o motor.

Quando deve ser feito o Loop-Test?

O loop-test deve ser feito sempre que um motor queimado apresentar características de possível danificação do isolamento entre lâminas do estator.
Como exemplos dessas características podemos citar :

- Curto-circuito dentro da ranhura ou na saída da ranhura, provocado por falha do material isolante;
- Curto-circuito dentro da ranhura, provocado pelo motor arraste do rotor;
- Marcas de arraste do rotor no estator, mesmo que o arraste não tenha provocado curto-circuito dentro da ranhura;
- Sobrecarga violenta, provocando carbonização do material isolante.

Procedimento : O loop-test consiste em se criar um campo magnético no núcleo de chapas, mediante a aplicação de tensão em um solenóide conforme visto na figura 1. Para o cálculo do número de espiras e da bitola do fio para a montagem do solenóide, deve-se observar as figuras 1 e 2 e aplicar as equações abaixo :

$$Z = 375.000 \times \frac{U}{f \times (2R2 - D1) \times L} \quad \text{(Espiras)}$$

(mm) $D1 = 2R1 + 2hn1$

$$S = 37.500 \times \frac{U \times (2R2 + D1)}{f \times Z^2 \times L \times (2R2 - D1)} \quad (mm^2)$$

Simbologia :

U = tensão (V) a ser aplicada no solenóide;

hn1 = altura da ranhura (mm);

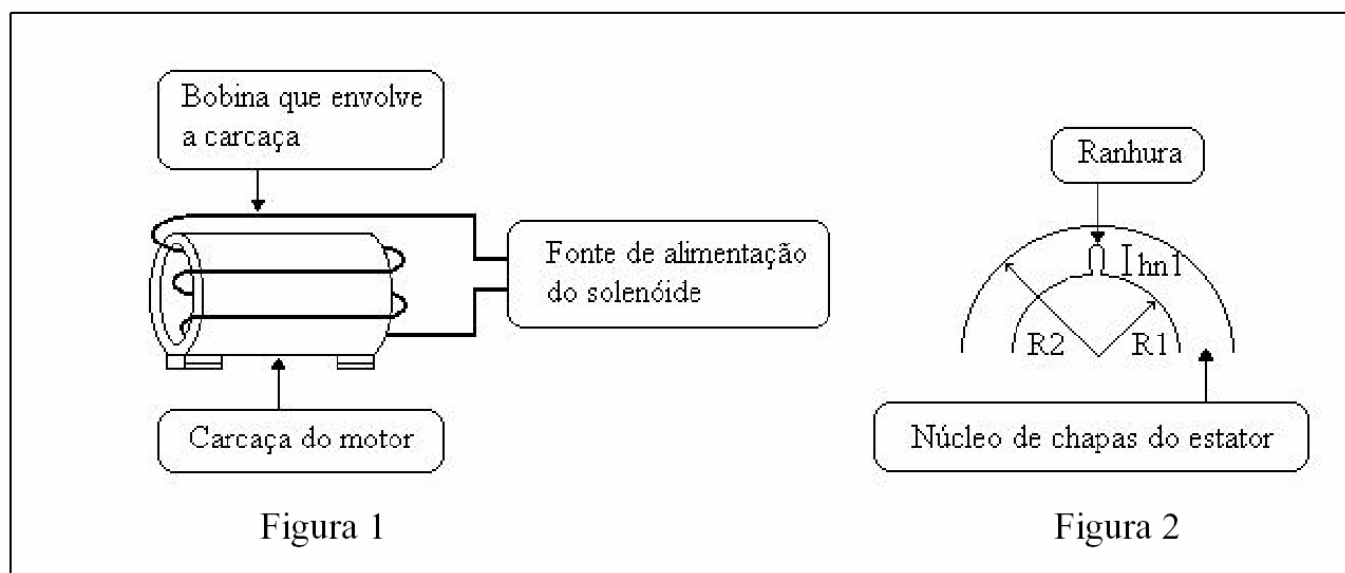
f = frequência (Hz) da tensão U;

L = comprimento do pacote de chapas (mm);

R2 = Raio externo do estator (mm);

Z = número de espiras necessárias para o solenóide;

R1 = Raio interno do estator (mm);

S = seção do condutor a ser utilizado no solenóide.

Esquema ilustrativo para realização do Loop Test, e detalhe das medidas a serem verificadas para cálculo do solenóide.

Após calculado e montado o solenóide, aplica-se a tensão U em seus terminais, e verifica-se a temperatura em diversos pontos do núcleo durante aproximadamente trinta minutos. Caso algum ponto do núcleo venha a aquecer pelo menos 10ºC acima da temperatura dos outros pontos, deverá ser considerado como um ponto quente. Nesse caso, o núcleo magnético deverá ser condenado e substituído.

Observações :

- A figura 1 mostra a carcaça completa (carcaça + estator) para simplificar o desenho. O teste é feito com o núcleo dentro da carcaça;
- O loop-test deverá ser feito com o estator limpo, isto é, sem o bobinado queimado;

4.10.9 – Teste Para Verificação de Rotor Falhado:

Finalidade : Detectar falhas no rotor. A ocorrência de falhas (barras rompidas) em rotores de motores elétricos não é um problema comum. Porém pode acontecer, em função de um desvio no processo de fabricação, ou por excesso de solicitação do motor (sobrecargas, elevados números de partidas num curto intervalo de tempo), devido às correntes elevadas no rotor.

Procedimento :
Figura 77 - Esquema ilustrativo da realização do teste em motor trifásico Para verificar a existência de falha no rotor, temos dois métodos simples e práticos:

4.10.10 – Teste das Duas Fases - Pode ser aplicado em motores trifásicos e monofásicos:

A – Motor Trifásico

Deve-se alimentar o motor somente em "duas" fases, com freqüência nominal e tensão reduzida (até 50% da tensão nominal), conectando em uma das fases um amperímetro analógico (de ponteiro) em série (Conforme figura).

Em seguida alimentar o motor e girar lentamente o rotor com a mão, pela ponta do eixo. Caso o mesmo ofereça resistência em determinadas posições, devemos girá-lo com velocidade maior.

Observar o ponteiro do amperímetro durante o giro do eixo, pois se oscilar demasiadamente, o rotor certamente estará falhado.

B – Motor Monofásico

Deveremos alimentar somente a bobina principal, e seguir o mesmo procedimento de análise do motor trifásico. Após alimentarmos o motor, giramos o eixo e observamos o comportamento do ponteiro no alicate amperímetro.

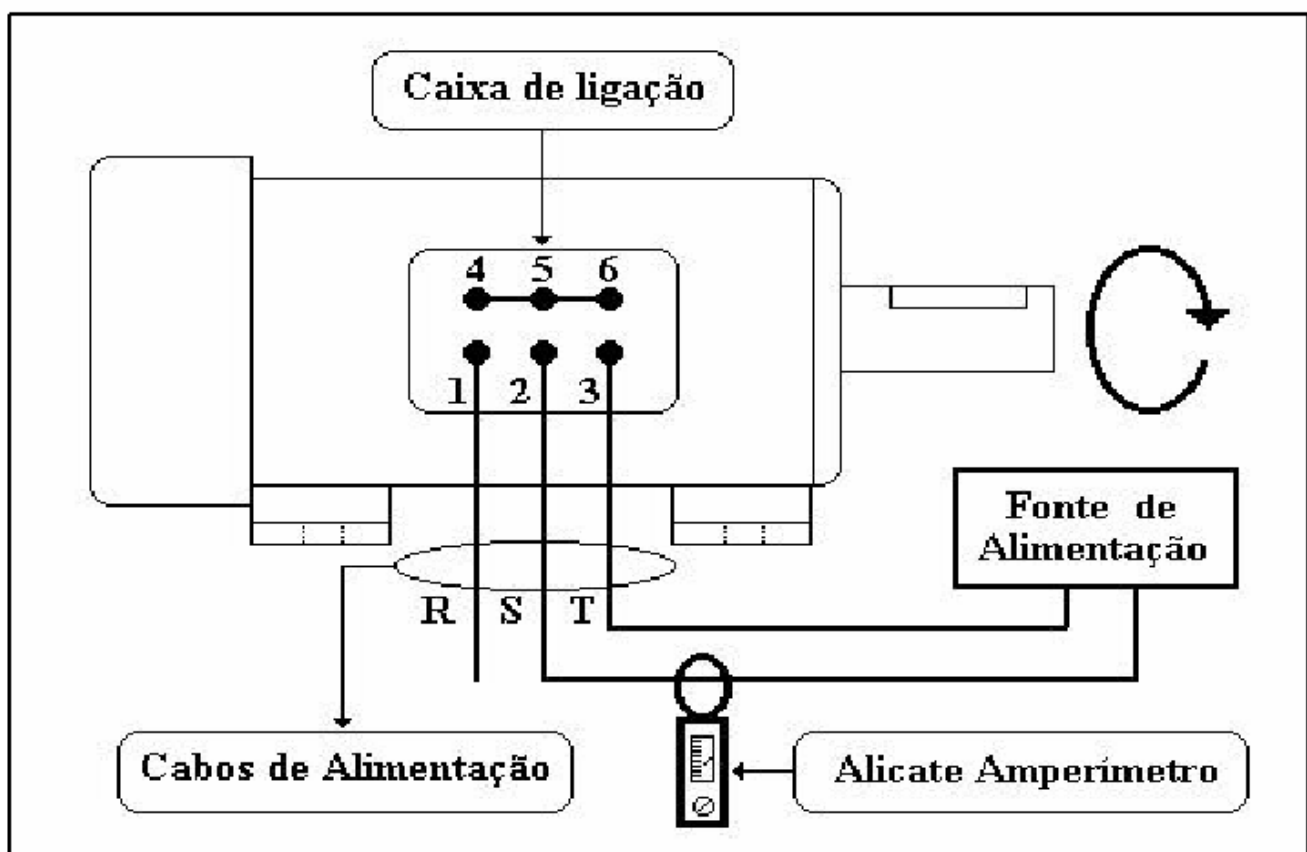



Figura 77: Tabela – Teste em motor trifásico para verificar a existência de falha no rotor.

4.10.11 – Teste com Indutor Eletromagnético:

Conhecido normalmente como teste do “tatu”, é realizado com o motor desmontado. Coloca-se um indutor em contato com o rotor. Quando o tatu é energizado, induz a circulação de corrente nas barras do rotor, principalmente naquelas que estão sob ele. A verificação do rotor falhado é feita, testando-se cada barra com uma lâmina de serra ou limalha de ferro. O teste consiste em segurar a lâmina sobre a barra ou espalhar a limalha de ferro sobre o rotor. Em uma condição normal, a lâmina de serra vibra, ou se for realizado com limalha, se formarão linhas na mesma direção das barras do rotor em função da circulação da corrente na barra do rotor. Caso a lâmina de serra não vibre, ou a limalha não se “prender”, muito provavelmente a barra estará rompida, pois nesta situação não haveria circulação de corrente na barra.

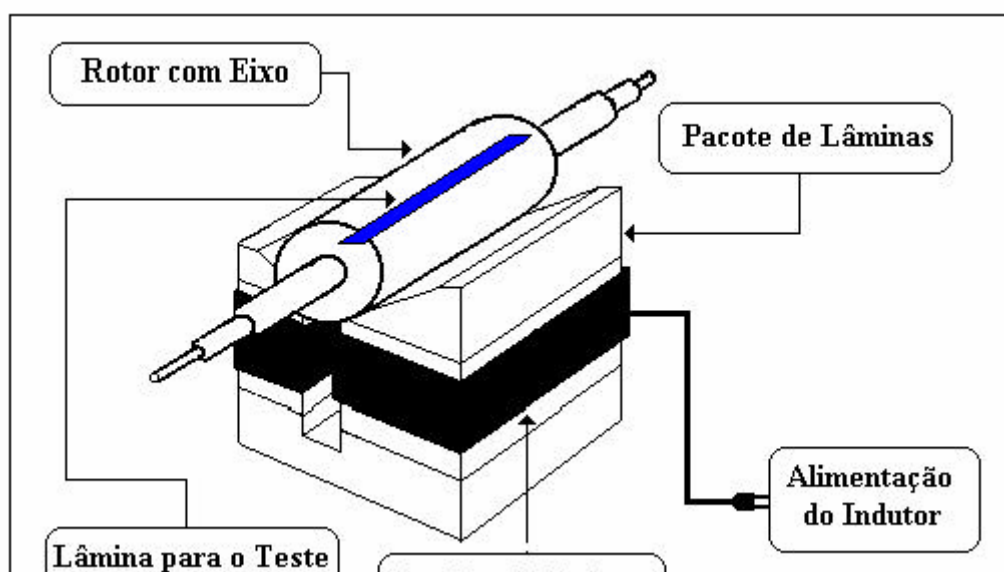



Figura 78: Tabela – Teste do “TATU”.

Figura 78 - Esquema ilustrativo do teste do “tatu”. As dimensões do eixo e do indutor estão fora de escala. Após alimentarmos o indutor eletromagnético “tatu” passamos a lâmina ou limalha de ferro por toda a superfície do rotor.
O nível de indução do rotor será proporcional ao tamanho do eixo e do indutor utilizado.

Comentários :

1 - Estes dois métodos são simples e não possuem uma confiabilidade total no resultado, porém já vem sendo utilizado por muitos Assistentes Técnicos e tem atendido as expectativas.

2 - Existem outros métodos para verificação de falhas no rotor. Um método mais preciso é o do espectro de corrente, porém utiliza um equipamento bastante sofisticado, além do fato de que o motor deve ser testado com carga.

3 - Outra forma de se verificar a existência de falha do rotor, é obviamente, ter-se um outro motor igual, mas que não apresente problemas. Desta forma pode-se testar o motor duvidoso utilizando o rotor de outro motor.

4.11 – OUTROS PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ENROLAMENTO:

4.11.1 – Ventilação:

4.11.1.1 – Radiadores:

O radiador é um dispositivo que faz a troca de calor para o conjunto de arrefecimento, utilizando o ar como meio de refrigeração.

4.11.1.1.1 – Funcionamento:

O radiador faz parte do sistema responsável pelo resfriamento do ar interno das máquinas elétricas que são instaladas em ambientes de temperatura elevada, onde não há possibilidade de instalação de dutos, fazendo com que a temperatura não exceda os limites aconselháveis para o bom funcionamento do motor.
A temperatura ideal para a água é de 20ºC a 25ºC. A água na temperatura ambiente sai da torre de resfriamento percorre as canalizações e chega ao radiador, no radiador aacontece a troca de temperatura entre o ar interno do motor (que está com a temperatura mais alta e a água, fazendo com que a água saia do radiador mais quente. Essa água é resfriada novamente em uma torre de resfriamento, onde a água é separada em gotas que trocam calor com o ambiente com facilidade.

Quando a temperatura excede o limite, pode ocorrer:

- Dilatação dos componentes móveis, causando aumento dp atrito, no caso dos rolamentos e selos mecânicos de mancais de deslizamentos;
- Superaquecimento dos materiais isolantes aplicados na bobinagem do motor, comprometendo a vida útil da máquina.

4.11.1.1.2 – Principais motivos de mau funcionamento:

1. Entupimento da tubulação, causado pelo acúmulo de ferrugem trazida da tubulação e outras partes do circuito de refrigeração ou pela utilização de água com impurezas.
2. Entupimento das aletas, causado pelo acúmulo de partículas sólidas, tais como: insetos, poeira, etc.
3. Mau funcionamento da válvula de pressão, ocasionando perda indevida de pressão de água e consequentemente, aumento de temperatura.

Portanto, cuidados são necessários para manter o bom funcionamento do seu radiador. Aconselha-se que o sistema de resfriamento passe por uma revisão completa sempre que possível. Nessas ocasiões o radiador deve ser limpo por dentro e por fora e avaliado com relação à sua capacidade de funcionamento e pressão.

Caso o seu desempenho já esteja comprometido, há necessidade de recondicioná-lo ou, dependendo da intensidade do dano, a aquisição de um radiador novo.

4.11.1.2 – Dutos:

Para minimizar a ação de agentes contaminadores do isolamento, como poeira, insetos, folhas, serragem, detritos gerados pelos processos de fabricação, ou seja, toda e qualquer partícula sólida que venha a comprometer a boa eficiência do circuito de ventilação, se faz necessária uma revisão periódica nos dutos de ventilação. O período de verificação depende diretamente do grau de agressividade da área que a máquina está instalada, e da umidade do ambiente.

Deve-se verificar periodicamente as paredes internas dos dutos a fim de se eliminar eventuais pontos de oxidação. A ferrugem pode ser desprender e atingir a bobinagem, causando contaminação.

Todos os componentes internos do circuito de ventilação deverão ser inspecionados regularmente, como:

- Ventiladores;
- Aletas;
- Chapas direcionadoras de ar
- Canais de ventilação.

5- MANUTENÇÃO DE MOTORES CC

5.1 – INTRODUÇÃO:

Inicialmente conseguiu-se variações de velocidade mediante o uso de sistemas mecânicos, como caixas de engrenagens, correias e polias, o que muito limita os processos e as máquinas.

Posteriormente, apareceram aplicações onde o controle de rotação é feito mediante o uso de motores de indução (gaiola) e acoplamentos magnéticos. Este método, porém, apresenta um baixo rendimento,causado pelas altas perdas elétricas do acoplamento.

Outra forma de se controlar velocidade é através de motores de anéis, mediante o ajuste da resistência rotórica através de um reostato externo. Este método apresenta um grande inconveniente que é a baixa precisão no controle da velocidade. Por isto é usado apenas na partida destes motores.

Os motores de corrente contínua surgiram como uma forma de solucionar os problemas acima, pois sua velocidade pode ser continuamente alterada mediante a variação da tensão de alimentação. Além disso, os motores CC apresentam torque constante em toda a faixa de velocidade - salvo se em região de enfraquecimento de campo, como veremos a seguir. Inicialmente os motores CC eram alimentados por geradores de corrente contínua, o que exigia o uso de duas máquinas (sistema WARD-LEONARD).

Posteriormente, com o advento dos semicondutores de potência, apareceram os conversores estáticos à ponte tiristorizada, que é o método mais usado e difundido atualmente.

Os sistemas de velocidade variável utilizando motores de corrente contínua e conversores estáticos aliam grandes faixas de variação de velocidade, robustez e precisão à economia de energia, o que garante um ótimo desempenho e flexibilidade nas mais variadas situações.

Mais recentemente surgiu o controle de velocidade de motores de indução (gaiola) mediante a variação da freqüência de alimentação, através de conversor CA/CA. Este método necessita alguns cuidados em aplicações que exijam baixas rotações e/ou sistemas sincronizados.

5.2 – TIPOS DE VENTILAÇÃO:

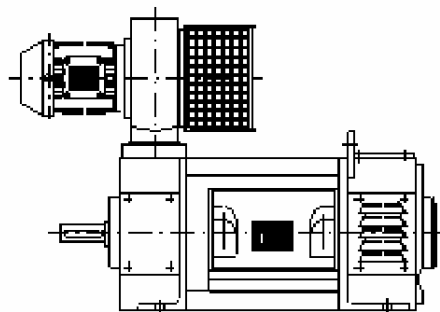
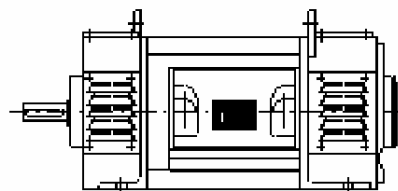
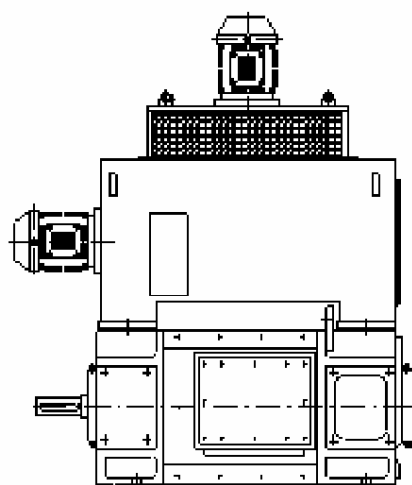
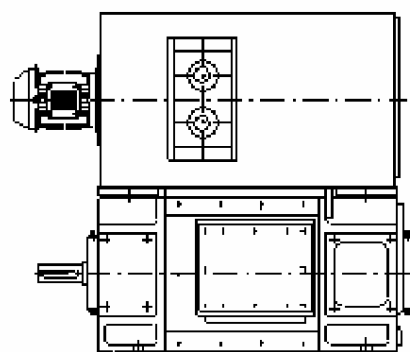



Figura 79: Tipos de ventilação.

5.3 – PRINCIPAIS PARTES CONSTRUTIVAS DE UMA MCC:

O motor de CC é composto fundamentalmente de duas partes: **Estator e rotor.**

5.3.1 – Estator é formado por:

- **Carcaça:**
  É a estrutura suporte do conjunto, também tem a finalidade de conduzir o fluxo magnético.

- **Pólos de excitação:**
  Têm a finalidade de gerar o fluxo magnético. São constituídos de condutores enrolados sobre núcleos de chapas de aço laminadas cujas extremidades possuem um formato que se ajusta a armadura e são chamadas de sapatas polares.

- **Pólos de comutação:**
  São colocados na região interpolar e são percorridos pela corrente de armadura. Sua finalidade é compensar o efeito da reação da armadura na região de comutação, evitando o deslocamento da linha neutra em carga, reduzindo a possibilidade de centelhamento.

- **Enrolamento de Compensação:**
  É um enrolamento distribuído na periferia da sapata polar e percorrido pela corrente de armadura. Sua finalidade é também compensar a reação da armadura, mas agora em toda periferia do rotor, e não somente na região transversal. Evita o aparecimento de faíscas provocadas por uma diferença de potencial entre espiras devido a distribuição não uniforme da indução no entreferro.

- **Conjunto Porta Escovas e Escovas:**
  O porta escovas permite alojar as escovas e está montado de tal modo que possa ser girado para o ajuste da zona neutra. As escovas são compostas de material condutor e deslizam sobre o comutador quando este gira, pressionadas por uma mola, proporcionando a ligação elétrica entre a armadura e o exterior.

5.3.2 – Rotor é formado por:

- **Rotor com Enrolamento:**
  Centrado no interior da carcaça, é constituído por um pacote de chapas de aço silício laminadas, com ranhuras axiais na periferia para acomodar o enrolamento da armadura. Este enrolamento está em contato elétrico com as lâminas do comutador.

- **Comutador:**
  É o conversor mecânico que transfere a energia ao enrolamento do rotor. O comutador é constituído de lâminas de cobre isoladas uma das outras por meio de lâminas de mica.

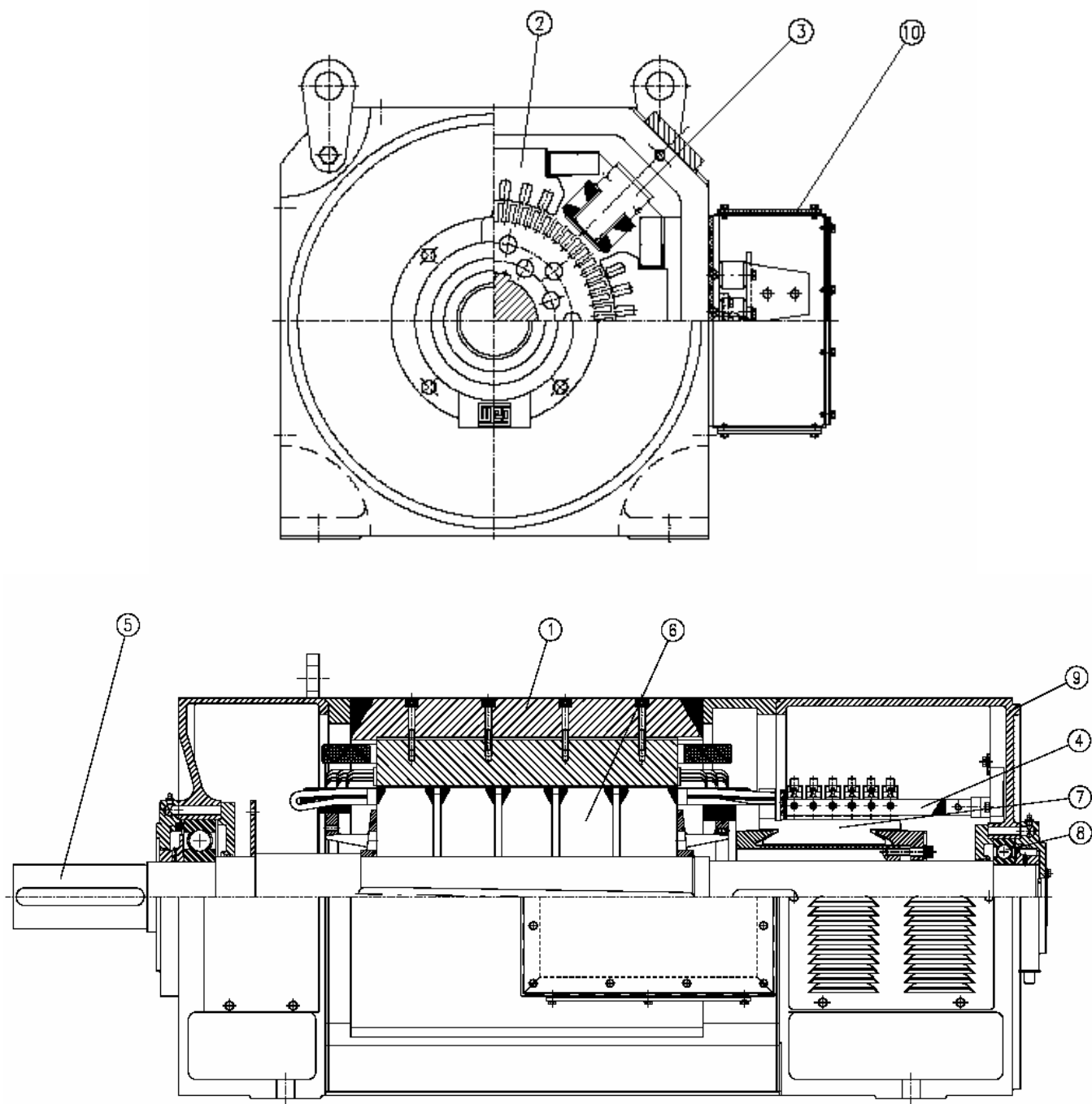
- **Eixo:**
  É o elemento que transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor.

1. Coroa.
2. Pólo de excitação com enrolamento.
3. Pólo de comutação com enrolamento.
4. Portas escovas.
5. Eixo.
6. Pacote de chapas do rotor com enrolamento.
7. Comutador.
8. Rolamentos.
9. Mancal.
10. Caixa de ligações.

Figura 80: Partes construtivas de uma MCC.

5.4 – PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO:

O funcionamento de um motor de corrente contínua (MCC) está baseado nas forças produzidas da interação entre o campo magnético e a corrente de armadura no rotor, que tendem a mover o condutor num sentido que depende do sentido do campo e da corrente na armadura (regra de Fleming ou da mão direita).

A figura 81 mostra o sentido das forças que agem sobre uma espira. Sob a ação da força a espira irá se movimentar até a posição X-Y onde a força resultante é nula, não dando continuidade ao movimento.

Torna-se então, necessário a inversão da corrente na espira para que tenhamos um movimento contínuo.

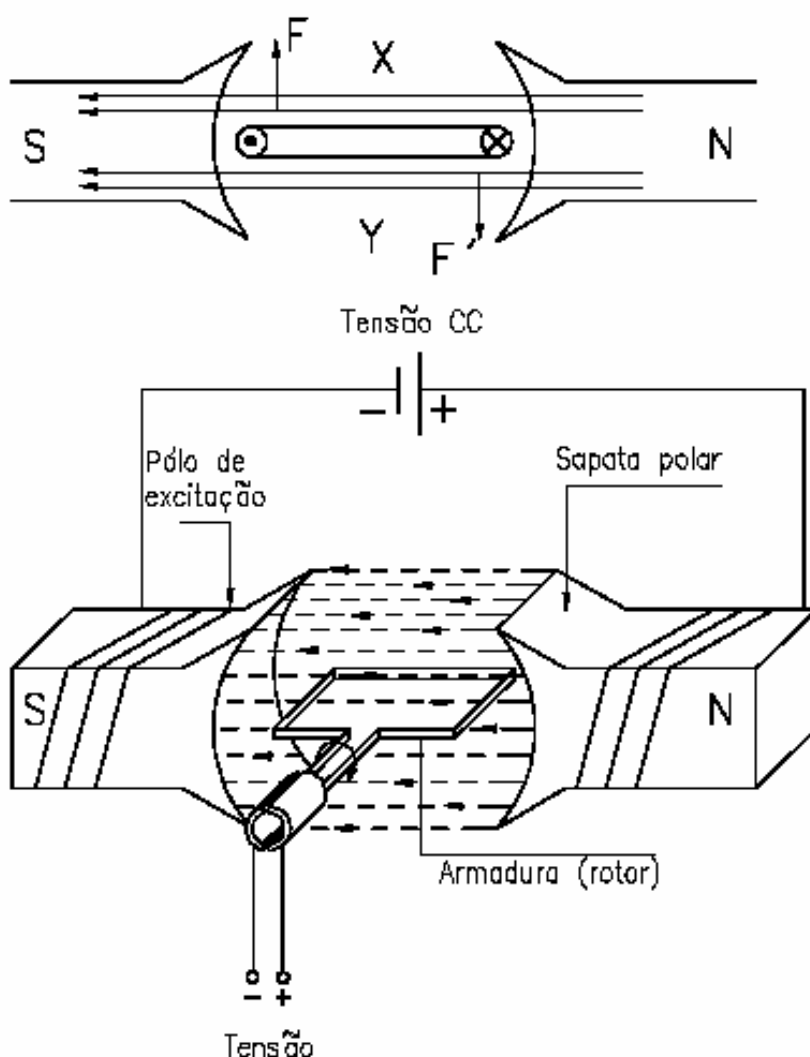



Figura 81: Princípios de funcionamento.

Com o deslocamento dos condutores da armadura no campo surgem tensões induzidas (força contraeletromotriz fcem), atuando no sentido contrário ao da tensão aplicada.

5.5 – MEDIÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO:

1 – Desconectam-se todas as ligações do motor na caixa de ligação.
2 – Levantam-se as escovas.

5.5.1 – Armadura (rotor):

Envolve-se o comutador com um fio flexível nú (ou cordoalha) e mede-se a resistência de isolamento do comutador para a terra (carcaça).

5.5.2 – Excitação:

Mede-se de um dos terminais do campo (F1 ou F2) para a terra.

5.5.3 – Comutação (interpolos) e (ou) Compensação:

Mede-se de um dos terminais do campo (F1 ou F2) para a terra.

Figura 82:

5.5.4 – Resistência de Aquecimento:

- Tem a função de reduzir a umidade no interior do motor (evita a condensação de água).
- Fixadas na parte inferior da tampa traseira.

IMPORTANTE:

Informar sempre a tensão de alimentação da resistência de aquecimento. Ligar a resistência quando o motor permanecer em estoque ou permanecer por longos períodos desligado.

5.6 – LIMPEZA E SECAGEM DOS ENROLAMENTOS:

- Existência de sujeira e umidade reduzirá sensivelmente o valor da resistência de isolação;
- Antes da secagem realizar a limpeza com jato de água quente (80ºC) ou solvente apropriado;
- Temperatura final não deverá exceder 150ºC;
- Medir periodicamente a resistência de isolação durante o processo até estabilizar;
- Observar o valor mínimo;
- Importante: boa ventilação durante a operação de secagem.

5.7 – VENTILAÇÃO:

5.7.1 – Filtro de Ar:

- Utilizar sempre filtro com a mesma especificação do original;
- Inspecionar e substituir sempre que necessário;
- O acúmulo de sujeira no filtro de ar pode causar sobre aquecimento e queima do motor.

A falta parcial ou total de filtro de ar pode permitir a entrada de sujeira no interior do motor prejudicando a comutação e a isolação do motor.

Figura 83: Sentido da ventilação.

5.8 – PORTA-ESCOVAS:

Os alojamentos devem permitir a livre movimentação das escovas, porém folgas excessivas provocam trepidações e conseqüente faiscamento.

A pressão das molas deverá variar entre 200 e 250g/cm2, salvo casos especiais. A distância entre o porta-escovas e a superfície do comutador deverá ser aproximadamente 2mm, para evitar quebra das escovas e danos ao comutador.

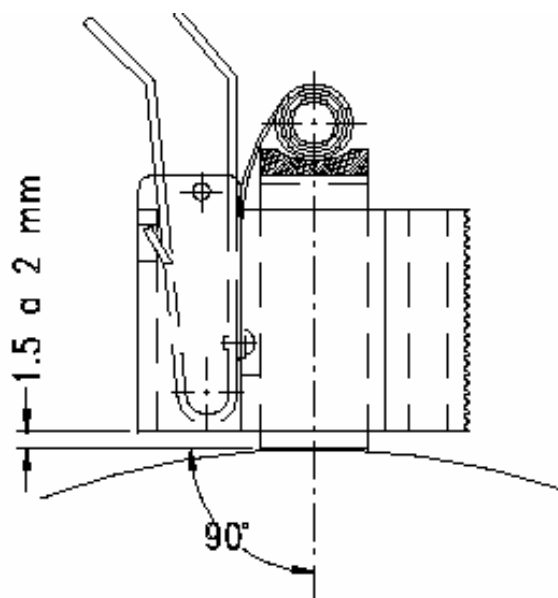



Figura 84: Porta Escovas.

O conjunto dos porta-escovas é ajustado na fábrica na posição mais favorável para a comutação. Esta posição (zona neutra) indicada por marcas de referência do suporte dos porta-escovas. Uma vez estando ajustado o conjunto porta-escovas, não deverá ser mudado de posição, pois serve para qualquer valor de carga. Em caso de necessidade de desmontagem do conjunto, respeitar a marcação para montagem.

5.9 – ESCOVAS (Especificação):

Para a escolha da qualidade de escova mais adequada a uma determinada aplicação consideram-se:

- Características da máquina (sub carga, carga normal, sobrecarga);
- Densidade de corrente;
- Velocidade periférica do comutador;
- Tipo de alimentação (Gerador CC, bateria, conversor tiristorizado monofásico ou trifásico).
- Umidade (8 a 15g de água/m3 de ar. crítica abaixo de 2 e acima de 25g/m3);
- Pressão aplicada (eletrografite 200 gf/cm2);
- Ausência de vapores, graxas ou ácidos;
- Ausência de impurezas contidas na atmosfera;
- Vapores de silicone. (proibido em máquinas fechadas).

5.9.1 – Cuidados na Aplicação:

- Certifique-se que todas as escovas são da mesma qualidade;
- Certifique-se que todas as escovas tenham as cordoalhas;
- De mesmo tamanho;
- Verifique se as escovas se movem livremente nos porta-escova;
- Assentar as escovas com uma lixa fina;
- Controlar o desgaste das escovas pela marca em relevo na lateral;
- Ao substituir as escovas, substituir sempre o jogo completo;

- Ao substituir escovas gastas por outras de mesma composição, não remover a patina existente no comutador se esta tiver aspecto normal;
- Quando se substituem escovas por outras de qualidade distinta, deve-se, obrigatoriamente, retirar a patina existente no comutador, com o uso de uma lixa fina.

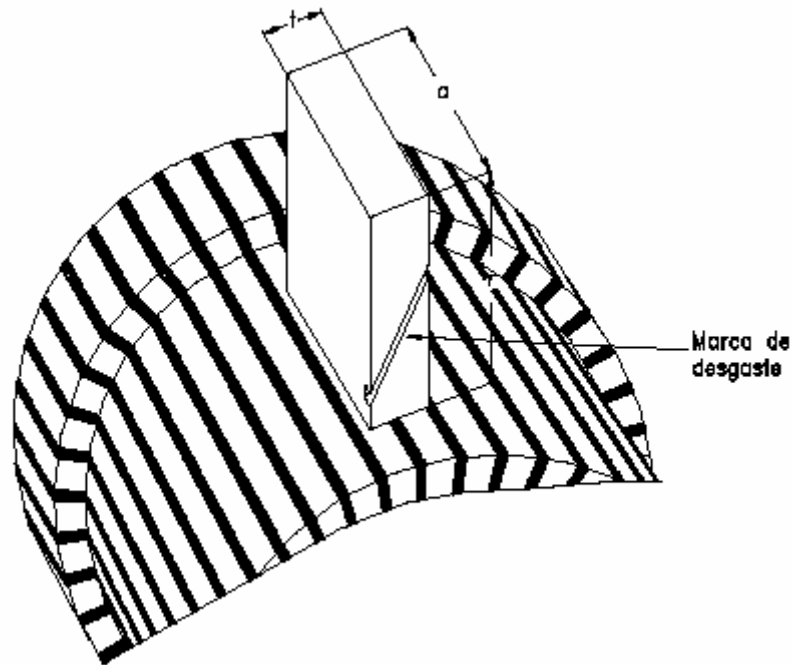



Figura 85: Escovas.

5.10 – TIPOS DE ESCOVAS:

5.10.1 – Grafite - Baquelite Grafite:

Utilizada em motores alimentados por conversores CA/CC tiristorizados com entrada de rede monofásica (alta riple):

- Alta capacidade de comutação;
- Elevada queda de tensão;
- Densidade de corrente de até 9 a/cm2;
- Sobrecarga até 16 a/cm2.

5.10.2 – Eletrografite:

Utilizada em motores alimentados por baterias ou por conversores CA/CC tiristorizados com entrada trifásica (baixo riple):

- Boa capacidade de comutação;
- Média - baixa queda de tensão;
- Densidade de corrente de até 13 a/cm2;
- Sobrecarga de 28 a 50 a/cm2(conforme a qualidade da escova);
- Desgaste acentuado em baixa carga (abaixo de 7 a/cm2);

5.10.3 – Metal Grafite:

Utilizadas em motores alimentados por baterias de baixa tensão:

- Reduzida resistividade;
- Comutação razoável;
- Baixíssima queda de tensão;
- Densidade de corrente de até 25 a/cm2 (quanto maior proporção de metal, maior a densidade admissível).

5.10.4 – Patina:

A patina é um filme semicondutor renovado pelo processo de eletrodeposição, a escova negativa deposita e a escova positiva retira a patina.

Patinas normais tem coloração uniforme (marrom, cinza claro, cinza escuro) e uma espessura ideal de 0,3 micrômetro.

Um depósito espesso de grafite tem um aspecto carregado, brilhante, indicado para equipamentos que trabalham em regimes de subcargas prolongadas, mas totalmente contra-indicado para máquinas de comutação fácil.

Inversamente, um depósito reduzido de grafite apresenta uma patina de aspecto claro, fino, polido, relativamente frágil e muito bem adaptada as máquinas de difícil comutação, com sobrecargas severas e freqüentes, não sendo indicado para máquinas em subcargas ou que giram freqüentemente a vazio.

5.10.5 – Fatores que influenciam no faiscamento:

- Qualidade da escova;
- Pressão da mola;
- Condições do Comutador;
- Condições dos Porta-escovas;
- Zona neutra;
- Ajuste de Entreferros;
- Carga;
- Acionamento;
- Ambiente.

5.11 – CARACTERÍSTICAS DOS COMUTADORES:

5.11.1 – Patinas de aparência normal:

P2, P4 e P6 - são exemplos de patinas com aparência normal, indicando bom funcionamento.

A patina apresenta-se lisa, ligeiramente brilhante, coloração uniforme desde o bronzeamento, o marron claro (P2), até o marron escuro, podendo ainda conter tonalidade cinza (P6) azuladas, avermelhadas ou outras.

IMPORTANTE É A REGULARIDADE, NÃO A TONALIDADE.

5.11.2 – Patinas Anormais:

P12 - aspecto: Patina raiada com pistas mais ou menos largas. a cor é alternadamente clara ou escura. não há desgaste no comutador.

Causas: Alta umidade, vapores de óleo ou de gases agressivos ambientais, baixa densidade de correntes nas escovas.

P14 - aspecto: Patina rasgada, de modo geral como P12, com pistas mais estreitas e ataque ao comutador.

Causas: Como P12, porém, a danificação perdura há tempo.

P16 - aspecto: Patina gordurosa com manchas aperiódicas, forma e cor desuniforme.

Causas: Comutador deformado ou muito sujo.

5.11.3 – Patina com manchas de origem mecânica:

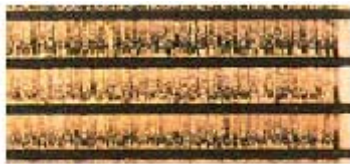
P22 - aspecto: Manchas isoladas ou com espaçamento regular, apresentando-se em uma ou várias zonas do comutador.

Causas: Ovalização do comutador, vibração da máquina, oriundas do desbalanceamento do rotor ou de mancais defeituosos.

P24 - aspecto: Manchas escuras com bordas definidas, vide também t12 e t14.

Causas: Lâmina ou grupo de lâminas defeituosos que provocam o erguimento das escovas e a conseqüente perda de contato.

P26 e P28 - aspecto: Lâminas manchadas nas beiradas ou no centro.

Causas: Freqüente dificuldades de comutação ou também comutador mal retificado.

P26

P28

5.11.4 – Patina com manchas de origem elétrica:

P42 - aspecto: Lâminas alternadamente claras e escuras.

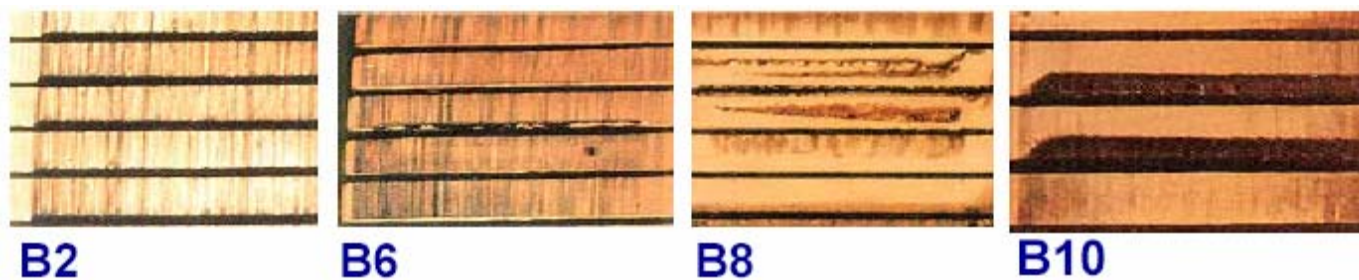
Causas: Desuniformidade na distribuição de corrente em dois bobinamentos paralelos de laço duplo ou, também, diferença de indutividade em caso de duas bobinas por ranhura.

P42

P46 - aspecto: Manchas foscas em intervalo duplo - polares.

Causas: Geralmente soldagens defeituosas das conexões auxiliares ou nas asas das lâminas.

P46

5.12 – QUEIMADURAS:

B2, B6 e B8 - aspecto: Queimaduras no centro ou nas bordas lâminas.

Causas: Faíscamento proveniente de dificuldades de comutação.

B10 - aspecto: Patina perfurada, formação de pontos claros como densidade e distribuição variados.

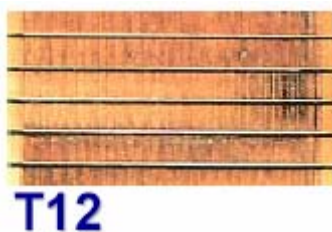
Causas: Perfuração da patina com conseqüência de excessiva resistência elétrica da mesma.

5.12.1 – Manchas no comutador:

T10 - Manchas escuras reproduzindo à área de contato das escovas.

Causas: Prolongadas paradas desenergizadas ou curtas paradas sobre carga.

T12 - aspecto: Queimaduras nas bordas de saída e na entrada da lâmina subseqüente.

Causas: Indica a existência de lâminas salientes (vide I2).

T14 - aspecto: Manchas escuras.

Causas: Indica a existência de lâminas em nível mais baixo (I4). ou de zonas planas no comutador.

T16 - aspecto: Marcas escuras claramente delimitadas conjuntamente com queimaduras nas bordas das lâminas.

Causas: Isolação entre lâminas mica e saliente (vide I6).

T18 - aspecto: Manchas escuras.

Causas: arestas as lâminas mal ou não chanfradas (vide I8).

Desgaste do comutador

R2 - Desgaste Normal: Aspecto de um comutador mostrando o desgaste do metal, pista por pista, com montagem correta. conseqüente de um desgaste normal após um longo período de funcionamento.

R4 - Desgaste Anormal: Aspecto de um comutador, mostrando desgaste anormal do metal conseqüente da montagem incorreta das escovas (nº de escovas positivas diferentes do número de escovas negativas sobre a pista), ou qualidade inadequada ou ainda poluições diversas.

5.13 – DEFEITOS NAS LAMELAS:

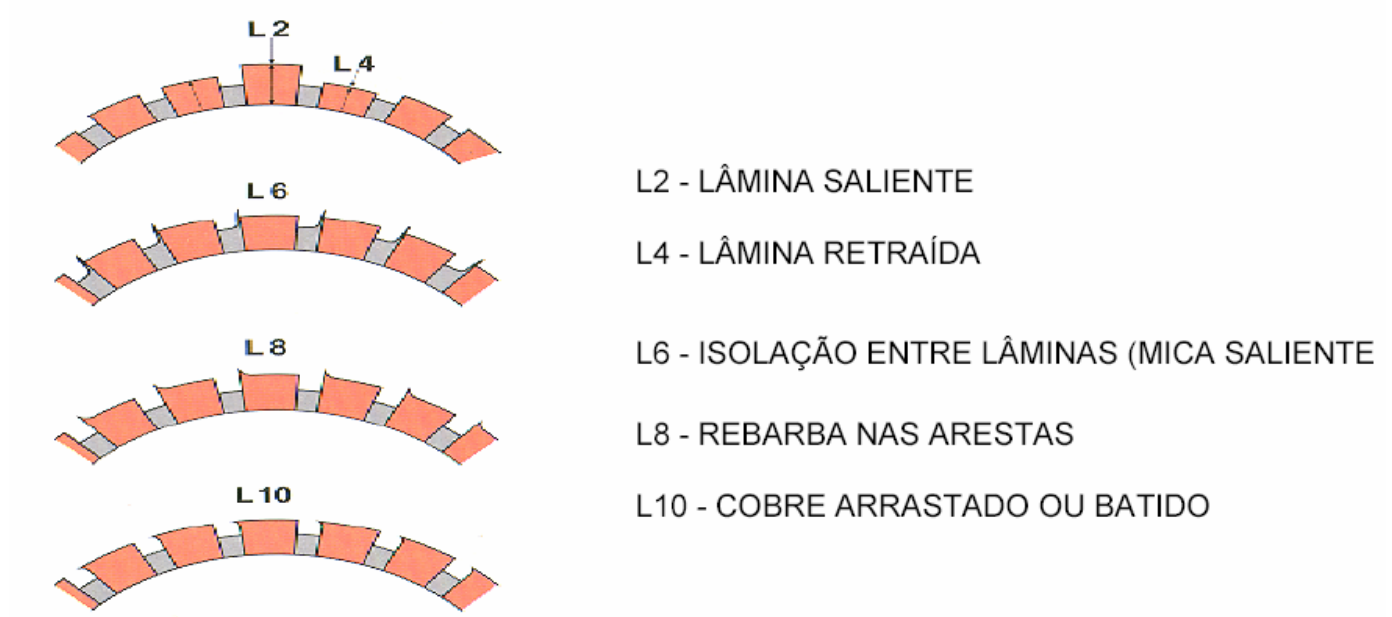



Figura 86: Defeitos na Lamelas.

5.14 – COMUTADOR:

5.14.1 – Características Ideais:

Excentricidade < 20µm
Diferença de altura entre lamelas < 1µm
Rugosidade de 2 a 4 µm
Usinagem:
Velocidade de Corte = 20µm
Profundidade = 0,05 – 0,1mm
Avanço = 30 a 50 µm / Volta

5.14.2 – Após a usinagem:

- Rebaixar o isolante (mica) entres as lamelas com ferramenta ligeiramente mais grossa que a do isolante.
- Chanfrar as arestas das lamelas com ângulo de 90º e largura do chanfro de 0,2 a 0,5 mm.

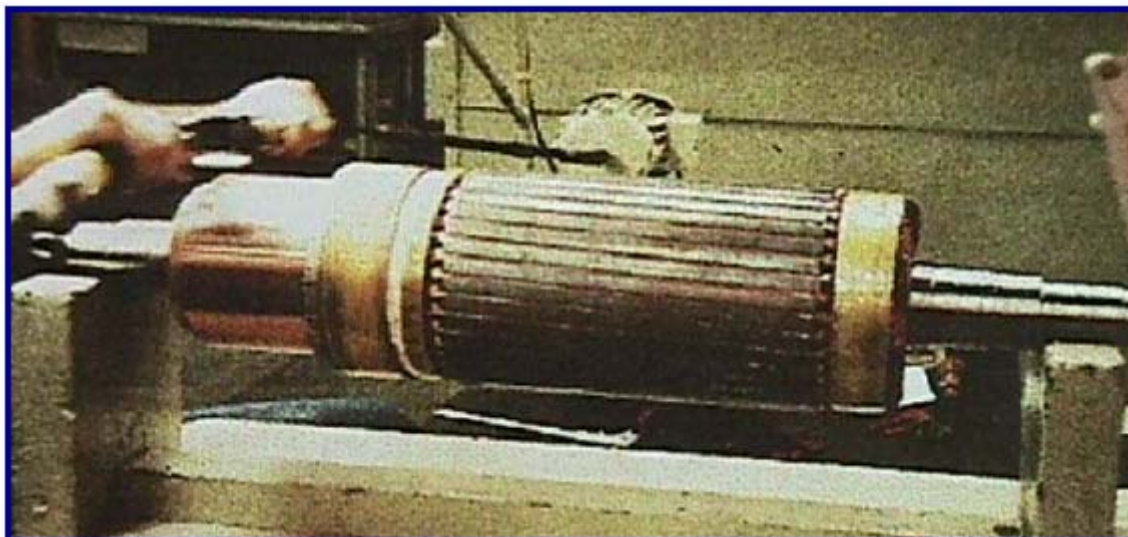
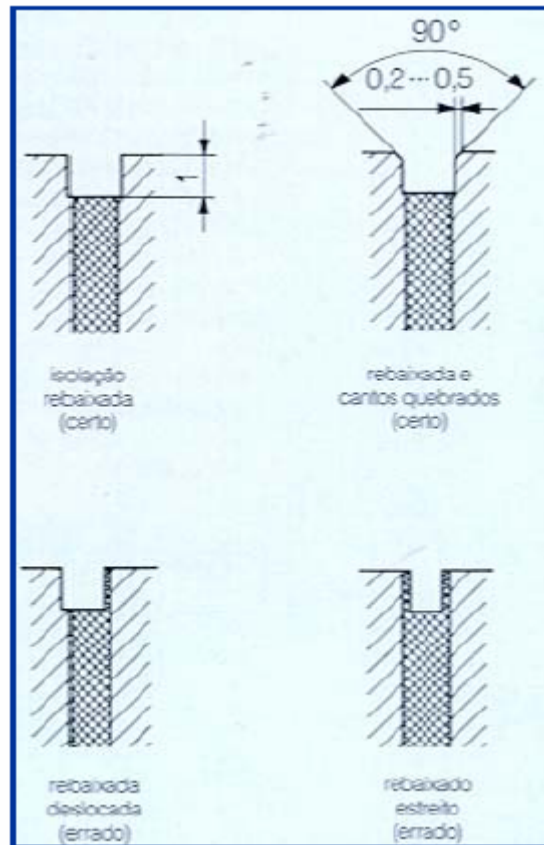



Figura 87: Isolação do comutador.

5.15 – ASPECTOS DAS FACES DAS ESCOVAS:

	S1 - Aspecto: Superfície impecável, uniforme, brilhante	Boa condição de funcionamento
	S3 - Aspecto: Superfície impecável, levemente porosa, brilhante.	Boa condição de funcionamento
	S5 - Aspecto: Estrias extremamente finas.	Funcionamento normal, leve incidência de pó.
	S7 - Aspecto: Ranhuras	Causas prováveis: subcarga elétrica, presença de pó, contaminação com óleo ou graxa.
	S9 - Aspecto: Pistas com estrias e ranhuras	Causas prováveis: sub-carga elétrica, pó ambiental, contaminação por graxa ou óleo (mais pronunciado que S7).
	S11 - Aspecto: Sombras de comutação, freqüentemente difusas.	Causas prováveis: dificuldades de comutação, por ex.:, mau ajuste da zona neutra ou dos pólos auxiliares.
	S13 - Aspecto: Queimaduras nas bordas de entrada ou saída.	Causas prováveis: dificuldades de comutação, forte faíscamento, interrupções de contato causadas por ovalização do comutador ou por pressão insuficiente nas escovas.
	S15 - Aspecto: Formação de crateras.	Causas prováveis: sobrecarga elétrica, interrupções de contato.
	S17 - Aspecto: Estampa das lâminas na superfície.	Causas prováveis: ocorrência de queimaduras geradas por picos de corrente durante a comutação, oriundos de anomalias no bobinamento.
	S19 - Aspecto: Dupla face de assentamento (a figura mostra uma escova gêmea).	Causas prováveis: basculamento das escovas em serviço reversível devido ao excessivo afastamento dos porta-escovas e/ou excesso de folga da escova no alojamento.
	S21 - Aspecto: Depósitos de cobre.	Causas prováveis: incrustrações em conseqüência, por ex.:, do arraste de cobre (vide L10).
	S23- Aspecto: Lascamentos.	Causas prováveis: lâminas salientes, forte ovalização do comutador, as escovas trepidam operando em vazio.

5.17 – AJUSTE DA ZONA NEUTRA:

5.17.1 – Ajuste grosso:

- Afrouxar os parafusos que fixam o anel do porta-escovas;
- Energizar a armadura (50 a 80% da corrente nominal por no máximo 30s), o campo permanece desligado;
- Se a zona neutra estiver desajustada, o rotor irá girar;
- Gira-se o anel dos porta-escovas em sentido contrário ao sentido de giro do rotor;
- A zona neutra estará ajustada, quando o rotor ficar parado.

5.17.2 – Ajuste Fino:

Energizar o campo e o rotor com tensão nominal e corrente nominal nos dois sentidos de rotação. A diferença de rotação não poderá ser maior que 1%.

IMPORTANTE:

Se ao girar o anel de porta-escovas para a direita o rotor girar ao contrário, os cabos dos pólos de comutação que são ligados ao porta-escovas estão invertidos. Ligar corretamente os cabos e proceder ajuste grosso de zona neutra novamente.

5.18 – BALANCEAMENTO:

Sempre que o rotor sofrer algum reparo deverá ser balanceado.

5.19 – PRINCIPAIS CAUSAS DE QUEIMA:

- Falta de manutenção (sujeira);
- Falta de ventilação;
- Sobrecarga;
- Proteções não ligadas;
- Sobre velocidade;
- Vibração excessiva.

5.20 – DEFEITOS EM MOTORES CC DEVIDO A FALTA DE MANUTENÇÃO:

5.20.1 – Base não Apropriada:

- Base de aço com pouca rigidez, provocando amplificação de vibração;
- Base de ferro fundido demonstra melhor rigidez.

5.20.2 – Cuidados na Ligação:

- Ligação feita de forma incorreta nos cabos de campo;
- Manual de manutenção encontrado em meio ao pó dentro da caixa de ligação.

5.20.3 – Limpeza:

- Excesso de pó e sujeira no interior do motor;
- Excesso de pó no filtro de ar;
- Excesso de pó nas pás do ventilador.

5.20.4 – Falta de Manutenção:

- Escova gasta até o rabicho;
- Abertura no filtro de ar, permitindo a entrada de pó;
- Filtro de ar sem as devidas manutenções;
- Excesso de sujeira dentro do motor.

5.20.5 – Antes e Depois:

- Motor sem qualquer manutenção preventiva;
- Excesso de sujeira no seu interior;
- Após devida manutenção o interior do motor limpo.

5.20.6 – Verificação das Escovas:

- Escova gasta demais riscando o comutador;
- A cordoalha da escova risca o comutador.

5.20.7 – Motor CC – Disparou:

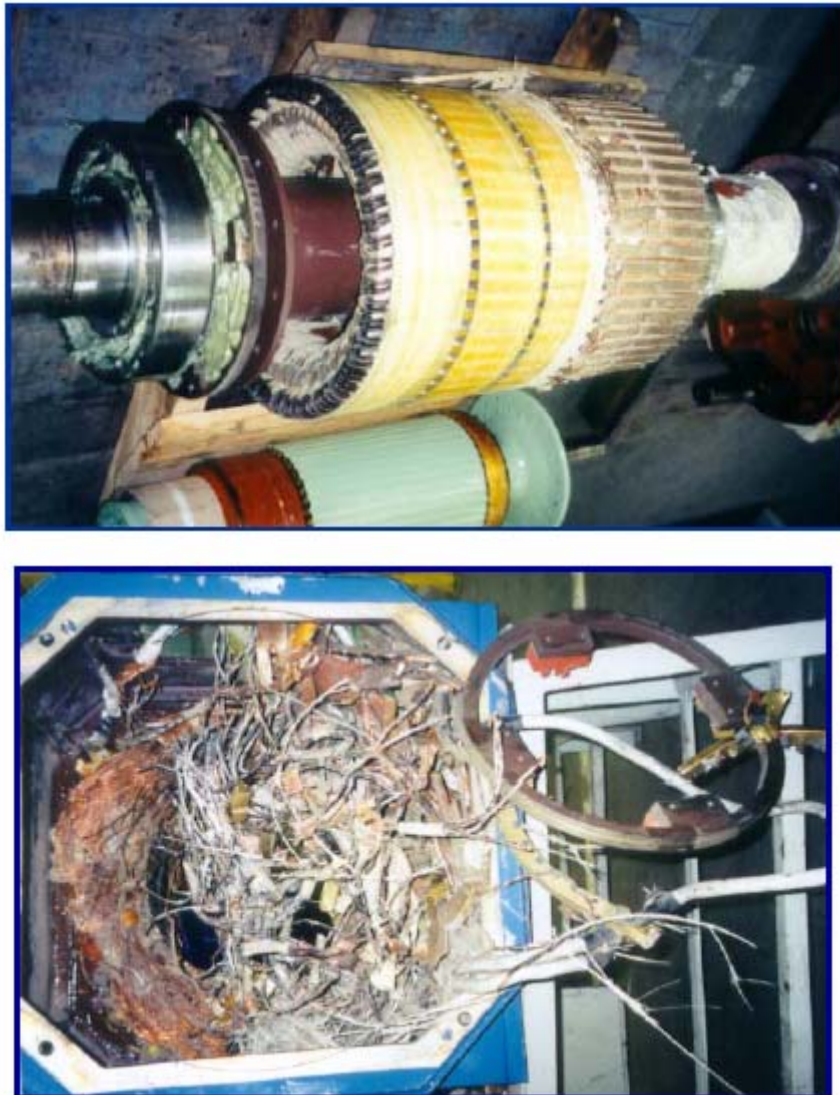



Figura 88: Motor CC danificado por disparo.

5.21 – MANUTENÇÃO PREDITIVA:

- Monitoramento das temperaturas dos enrolamentos e dos mancais;
- Inspeção das escovas e comutador;
- Medições de vibração e ruído;
- Medição da resistência de Isolamento.
- Troca das escovas do motor e do taco;
- Limpeza ou troca do filtro;
- Lubrificação dos rolamentos;
- Limpeza interna do motor.
- Troca dos rolamentos;
- Troca das escovas;
- Troca dos porta-escovas;
- Usinagem do comutador;
- Lavagem dos enrolamentos;
- Troca de peças desgastadas;
- Manutenção em caso de queima (rebobinagem).

5.22 – PLANO DE MANUTENÇÃO:

COMPONENTE	SEMANALMENTE	MENSALMENTE	SEMESTRALMENTE	ANUALMENTE (revisão parcial)	CADA 3 ANOS (revisão completa)
- Escovas e porta-escovas.	- Examinar as escovas quanto ao desgaste e a mobilidade e o estado dos porta-escovas.	- Verificar o comprimento das escovas. Quando a marca de limite de desgaste da escova desaparecer, as escovas devem ser substituídas. - Use escova do mesmo tipo para reposição. - Verificar se o desgaste é normal e a mobilidade no porta-escova. Escovas lascadas ou quebradas devem ser substituídas. - Remover algumas escovas e verifique a superfície em contato com o comutador. Áreas escuras indicam problemas na comutação. - Limpar as escovas e os porta-escovas aspirando o pó ou com jato de ar seco.			
- Comutador.	- Verificar o estado e o desgaste do comutador.	- Verificar a formação da pátina, devendo estar com uma coloração levemente enegrecida e brilhante. - Sentir a trepidação das escovas com um bastão de fibra colocado sobre a escova. Escovas saltando provocam faíscamento, aquecimento e desgaste excessivo do comutador e escovas. - Neste caso o comutador deverá ser usinado.	- Verificar o desgaste da superfície e o estado da pátina.		
- Rolamentos/ mancais.		- Observar se não há vazamentos de graxa nos assentos dos rolamentos. Se houver, corrigir antes de pôr a máquina em funcionamento. - Verificar o ruído nos rolamentos. Se o rolamento apresenta ruídos progressivos, deve ser substituído na próxima parada. - Relubrificar, se for o caso, conforme tabela II.	- Verificar o ruído em todos os rolamentos. Retirar os anéis externos e inspecionar o estado da graxa. Respeitar tabelas de período de lubrificação.	- Controle minucioso dos mancais, respeitar as tabelas de período de lubrificação.	
- Filtro de ar.		- Limpar - Trocar quando necessário.			
- Enrolamentos de carcaça e armadura.			- Medir a resistência de isolamento, 2. Respeitar os valores caso necessário proceder uma limpeza completa no motor.		
- Ventilação.			- Verificar pressão, vazão, filtros, etc.		
- Motor completo.		- Verificar os níveis de vibração, valores de até 4,0mm/seg são admissíveis. Observar se existe algum ruído anormal.	- Verificar todas as ligações elétricas, e reapertar se for necessário. - Verificar sinais de mau contato (arcos, descoloração, aquecimento), solucionar se necessário. Inspecione o aperto dos parafusos do motor com a base e checar todos os parafusos de acoplamento.	- Fazer uma limpeza rigorosa da máquina, retirando o excesso de pó de escova.	- Desmontar o motor e checar todos os componentes. - Limpar as caixas de ligações, reapertar as conexões. - Checar o alinhamento e o acoplamento. - Testar o funcionamento dos dispositivos de proteção.

5.23 – ANORMALIDADE EM SERVIÇO:

ANOMALIA	CAUSAS PROVÁVEIS	PROVIDÊNCIAS
- Motor não arranca em vazio.	- Circuito de armadura interrompido. - Bobinas comutação ou armadura em curto. - Sistema de acionamento defeituoso. - Porta-escovas fora de zona neutra. - Circuito de campo interrompido.	- Examinar condutores de entrada e bornes. - Identificar o curto-circuito e recuperar. - Verificar se há interrupção ou defeito no sistema de acionamento. - Ajustar a zona neutra. - Eliminar a interrupção.
- Motor arranca aos solavancos.	- Sistema de acionamento defeituoso. - Curto entre espiras na armadura. - Curto entre lâminas do comutador.	- Sanar o defeito. - Recondicionar a armadura. - Examinar o comutador e eliminar o curto-circuito.
- Motor não aceita carga.	- Curto entre espiras na armadura. - Queda de tensão. - Escovas deslocadas da zona neutra. - Sistema de acionamento mau ajustado.	- Recondicionar a armadura. - Verificar a demanda da rede. - Reajustar a posição das escovas na zona neutra tal como indicado na marcação. - Ajustar limite de corrente do acionamento.
- Motor roda demasiadamente acelerado e oscila quando enfrenta carga.	- Escovas deslocadas da zona neutra. - Circuito de campo interrompido ou reostato de campo com resistência excessiva. - Enrolamento em série, auxiliar, ligado errado.	- Reajustar a posição das escovas, obedecendo a marcação. - Sanar a interrupção. Ajustar a resistência corretamente. - Verificar a ligação e corrigi-la.
- Aquecimento anormal em serviço.	- Sobrecarga. - Volume de ar refrigerante não é suficiente. - Curto-circuito nos enrolamentos de armadura e campo. - Tampa de inspeção do lado do ventilador aberta.	- Testar tensão e corrente. Eliminar a sobrecarga. - Verificar o sentido de rotação da ventilação. Limpar dutos de ar e/ou filtros. Substituir os filtros se necessário. - Verificar os enrolamentos e os pontos de solda. Reparar as bobinas. - Fechá-la.
- Aquecimento anormal dos rolamentos	- Excesso de graxa. - Graxa em mau estado ou incorreta. - Rolamento em mau estado. - Velocidade ou carga excessiva.	- Retirar o excesso. - Relubrificar com graxa correta. - Substituir rolamento. - Diminuir velocidade ou retirar carga excessiva.
- Faíscamento nas escovas quando o motor enfrenta carga	- Comutador ovalizado. - Superfície do comutador muito suja. - Formação de estrias sobre superfície do comutador. - Isolação entre lâminas saliente (mica). - Pressão nas escovas insuficiente. - Mal contato entre o terminal da escova e porta-escova. - Escovas desgastadas. - Tipo de escovas inadequadas. - Arestas da escova quebrada. - Escovas mal assentadas. - Escovas presas nos alojamentos. - Escovas fora da zona neutra. - Curto-circuito entre lâminas do comutador.	- Usinar, rebaixar a mica e quebrar os cantos das lamelas. - Limpar o comutador. - Adequar as escovas em função da carga. - Rebaixar a mica e quebrar os cantos das lamelas. - Verificar, caso necessário, consultar a fábrica. - Substituir por outra de mesmo tipo. - Verificar que sejam usadas apenas escovas do tipo especificado em função da carga. - Substituir escovas. - Lixar a escova e amoldá-la inteiramente à curvatura do comutador. - Verificar a tolerância dimensional das escovas. - Ajustá-las obedecendo a marcação. - Identificar o curto-circuito e eliminá-lo.
- Faíscamento em todas as escovas um ou outro braço do porta-escovas	- Erro na distribuição das escovas. Distribuição desigual da corrente. Contato deficientes.	- Verificar a quadratura dos porta-escovas. - Verificar uniformidade do entreferro dos pólos de comutação. - Reapertar os parafusos.
- Projeção de faíscas	- Partículas de impurezas se desprendem das escovas ou lâminas e se inflamam.	- Limpar o comutador e todos os porta-escovas. Se necessário, adequar o tipo das escovas, em função da carga.
- Faíscamento das escovas quando aumenta carga	- Sobrecarga.	- Ajustar os valores de sobrecarga admissíveis.
- Faíscamento das escovas quando a rotação aumenta demasiadamente	- Rotação excessiva.	- Ajustar corretamente a velocidade de rotação.
- Enegrecimento de determinadas lâminas		- Consultar a fábrica.

6- MANUTENÇÃO DE PAINÉIS ELÉTRICOS:

6.1 – PAINEL DE BAIXA TENSÃO:

6.1.1 – Parâmetros e procedimentos:

NBR 6808
IEC 439
ANSI C37.20

6.1.1.1 – Cadastro:

Conferir placa de características do painel e dos equipamentos pertencentes a ele com especificações técnicas e, anotar os dados na devida ficha de inspeção.

6.1.1.2 – Inspeção Visual:

Verificar a posição física (layout) dos equipamentos dentro do painel, a disposição física dos barramentos de força, aterramento, reaperto das conexões, isoladores quanto a trincas, estado geral do mesmo quanto à pintura e corrosão e grau de proteção quanto ao acúmulo de pó e entrada de água.

6.1.1.3 – Teste Funcional:

Testar de acordo com os desenhos trifilares e funcionais, utilizando-se equipamentos de testes, tais como: fontes de correntes, fontes de tensões e multímetros.

6.1.2 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ISOLAÇÃO:

Equipamento Utilizado: Megôhmetro.

6.1.2.1 – Procedimentos:

Conforme itens, tabela e figura abaixo:

1- Isolar a área com fita zebrada e pôr placas de advertência;

2- Abrir e ou extrair qualquer tipo de equipamento de manobra (disjuntor, secionadora, fusíveis, etc.). Caso o painel não tiver equipamento de manobra, desconectar os cabos dos barramentos de entrada e saídas do mesmo;

3- Desconectar toda a fiação de qualquer tipo de equipamento eletrônico, dos barramentos de força e da barra de terra;

4- Interligar toda a fiação solta, inclusive a fiação da régua de bornes;

5- Se houver TP's, devem-se sacar os fusíveis de proteção dos mesmos;

6- Se houver TC's, devem-se desconectar os cabos dos secundários (S1 e S2) dos mesmos e interligá-los com a barra de terra;

7- Interligar os barramentos das fases S e T com a estrutura (massa) ou com a barra de terra do painel e conectar a ponteira preta (R- do megôhmetro) na mesma, conectar a ponteira vermelha (BORNE DE TENSÃO do megôhmetro) no barramento da fase R (figura 89);

8- Selecionar uma tensão de ensaio do megôhmetro, conforme classe de tensão do painel, descritas na tabela abaixo (tabela A);

9- Selecionar o botão do megôhmetro na menor escala (escala A), acionar o botão LIGA e observar a deflexão do ponteiro;

10- Caso o ponteiro defletir acima de 10 na escala A, mudar para a escala B; caso defletir acima de 100 na escala B, mudar para a escala C; se defletir acima de 1000 na escala C, mudar para a escala CX10 e aguardar 01 (um) minuto para a estabilização do mesmo;

11- Na seqüência, após se obter o valor de leitura, multiplicar pelo multiplicador de escalas do megôhmetro e juntamente com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, anotar o valor em MΩ na ficha de ensaios. Esse valor tem que ser no mínimo 1MΩ por kV;

12- Finalizando o ensaio no barramento da fase R, desligar o megôhmetro e aguardar até o descarregamento do mesmo no qual é sinalizado por um led vermelho. Em seguida desconectar ponteiras;

13- Repetir os mesmos procedimentos (8 ao 12) para a operação do megôhmetro, porém na configuração S x TR+TERRA;

14- Repetir os mesmos procedimentos (8 ao 12) para operação do megôhmetro, porém na configuração T x RS+TERRA;

15- Conectar a ponteira preta (R- do megôhmetro) na barra de terra do painel e a ponteira vermelha (BORNE DE TENSÃO do megôhmetro) num dos pontos da fiação interligada;

16- Repetir os mesmos procedimentos (8 ao 12) para a operação do megôhmetro;

17- Reconectar todos os fusíveis, cabos e fiação solta.

Tabela A:

Classe de tensão do equipamento (kV)	Tensão aplicada pelo megôhmetro (kV)
Até 1,0	0,5
1,0 a 4,76	1,0
4,76 a 72,5	2,5
72,5 a 245	5,0
245 a 550	10

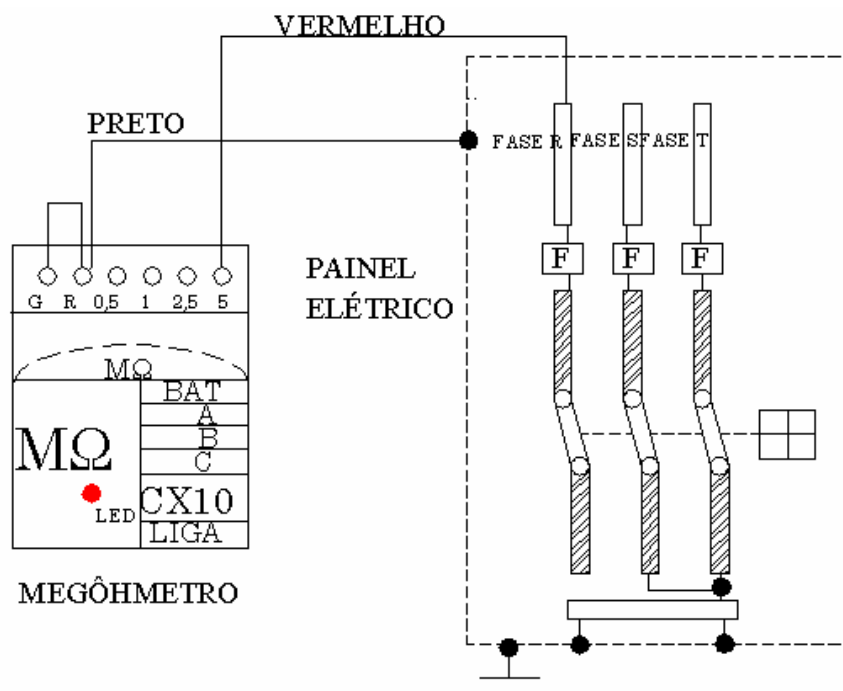



Figura 89: Ensaio de Resistência de Isolamento.

6.2 – CUBÍCULO DE MÉDIA TENSÃO:

6.2.1 – Parâmetros e procedimentos:

NBR 6978
NBR 6979

6.2.1.1 – Cadastro:

Conferir placa de características do cubículo e dos equipamentos pertencentes a ele com especificações técnicas e, anotar os dados na devida ficha de inspeção.

6.2.1.2 – Inspeção Visual:

Verificar a posição física (layout) dos equipamentos, a disposição física dos barramentos de força (distâncias entre fases e entre fase e terra), aterramento, reaperto das conexões, isoladores quanto a arcos e trincas, estado geral do mesmo quanto a pintura e corrosão e grau de proteção quanto ao acúmulo de pó e entrada de água.

6.2.1.3 – Teste Funcional:

Testar de acordo com os desenhos trifilares e funcionais, utilizando-se equipamentos de testes, tais como: fontes de correntes, fontes de tensões e multímetros.

6.2.2 – ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ISOLAÇÃO:

-Equipamento Utilizado: Megôhmetro.

6.2.2.1 – Procedimentos:

Conforme itens, tabela e figura abaixo:

1- Isolar a área com fita zebrada e pôr placas de advertência;

2- Abrir e ou extrair qualquer tipo de equipamento de manobra (disjuntor, secionadora, fusíveis, etc.). Caso o cubículo não tiver equipamento de manobra, desconectar os cabos dos barramentos de entrada e saída do mesmo;

3- Se houver TP's em gaveta de extração, a mesma deve ser extraída e caso os TP's forem fixos, sacar os fusíveis de proteção da alta tensão (H1 e H2) dos mesmos;

4- Se houver TC's, deve-se desconectar os cabos dos secundários (S1 e S2) dos mesmos e interligá-los com a barra de terra;

5- Interligar os barramentos das fases S e T com a estrutura (massa) ou com a barra de terra do cubículo e conectar a ponteira preta (R- do megôhmetro) na mesma, conectar a ponteira vermelha (BORNE DE TENSÃO do megôhmetro) no barramento da fase R (figura 5);

6- Selecionar uma tensão de ensaio do megôhmetro, conforme classe de tensão do cubículo, descritas na tabela abaixo (tabela A);

7- Selecionar o botão do megôhmetro na menor escala (escala A), acionar o botão LIGA e observar a deflexão do ponteiro;

8- Caso o ponteiro defletir acima de 10 na escala A, mudar para a escala B; caso defletir acima de 100 na escala B, mudar para a escala C; se defletir acima de 1000 na escala C, mudar para a escala CX10 e aguardar 01 (um) minuto para a estabilização do mesmo;

9- Na seqüência, após se obter o valor de leitura, multiplicar pelo multiplicador de escalas do megôhmetro e juntamente com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, anotar o valor em MΩ na ficha de ensaios. Esse valor tem que ser no mínimo 1MΩ por kV;

10- Finalizando o ensaio, desligar o megôhmetro e aguardar até o descarregamento do mesmo no qual é sinalizado por um led vermelho. Em seguida desconectar ponteiras.

11- Repetir os mesmos procedimentos (6 ao 10) para a operação do megôhmetro, porém na configuração S x TR+TERRA;
12- Repetir os mesmos procedimentos (6 ao 10) para a operação do megôhmetro, porém na configuração T x RS+TERRA.

Tabela A:

Classe de tensão do equipamento (kV)	Tensão aplicada pelo megôhmetro (kV)
Até 1,0	0,5
1,0 a 4,76	1,0
4,76 a 72,5	2,5
72,5 a 245	5,0
245 a 550	10

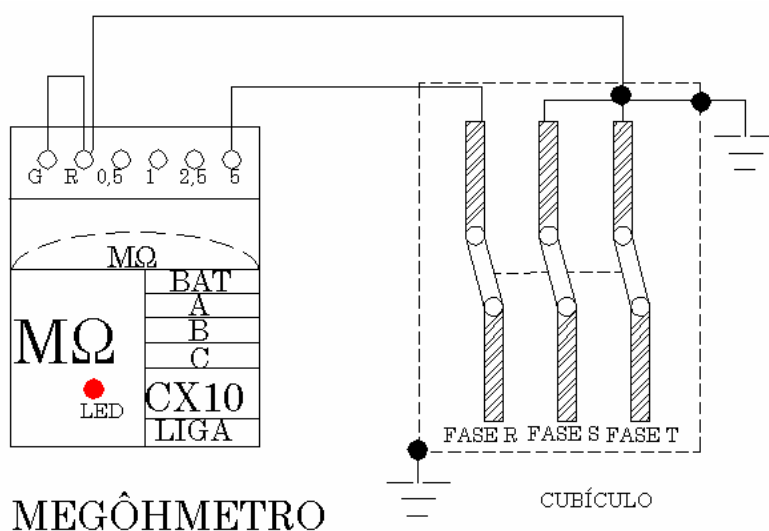



Figura 90: Ensaio de Resistência de Isolamento.

6.2.3 – ENSAIO DE TENSÃO APLICADA À FREQÜÊNCIA INDUSTRIAL (60 HZ / 1 MIN.):

Equipamento Utilizado: Fonte de Tensão AT Variável.

6.2.3.1 – Procedimentos:

Conforme itens, tabela e figura abaixo:

1- Isolar a área com fita zebrada e pôr placas de advertência;

2- Com os barramentos do cubículo ainda nas mesmas condições do ensaio anterior, interligar os barramentos das fases S e T com a estrutura (massa) ou com a barra de terra do cubículo e interligar através de um MILIAMPERÍMETRO ao terminal H0 (terra) da fonte AT, para medir-se a corrente de fuga. O terminal da bucha H1 da fonte AT, interligar com o barramento da fase R (figura 6);

3- Instalar um VARIAC de 0 a 220 Vca no lado de baixa tensão (X1 e X2) da fonte AT, certificando-se de que o mesmo esteja na posição de 0 (zero) Volt;

4- Instalar um VOLTÍMETRO aos terminais de medição (0,3 kV e H0) da fonte AT, para medir-se a tensão na baixa e através da relação de transformação da fonte AT, calcular a tensão aplicada pela alta;

5- Selecionar uma tensão de ensaio, conforme a classe de tensão do cubículo descrita na tabela abaixo (tabela C);

6- Iniciar a aplicação de tensão, na qual, deverá ser elevada continuamente desde 0 (zero) kV até o valor desejado, numa razão de 10 kV por minuto, observando-se no MILIAMPERÍMETRO a corrente de fuga;

7- Após ter alcançado o valor de tensão desejado, aguardar por 01 (um) minuto e anotar na ficha de ensaios, juntamente com a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, o valor da corrente de fuga;

8- Se durante o tempo de aplicação não houver nenhuma descarga desruptiva, baixar o VARIADOR DE TENSÃO na mesma razão da elevação, até 0 (zero) kV e desligar o VARIAC;

9- Repetir os mesmos procedimentos para a configuração S x TR+TERRA;

10- Repetir os mesmos procedimentos, porém para a configuração T x RS+TERRA;

11- Finalizando os ensaios, desconectar as ponteiras da fonte AT e normalizar todas as conexões e inserções de equipamentos do cubículo.

Tabela C:

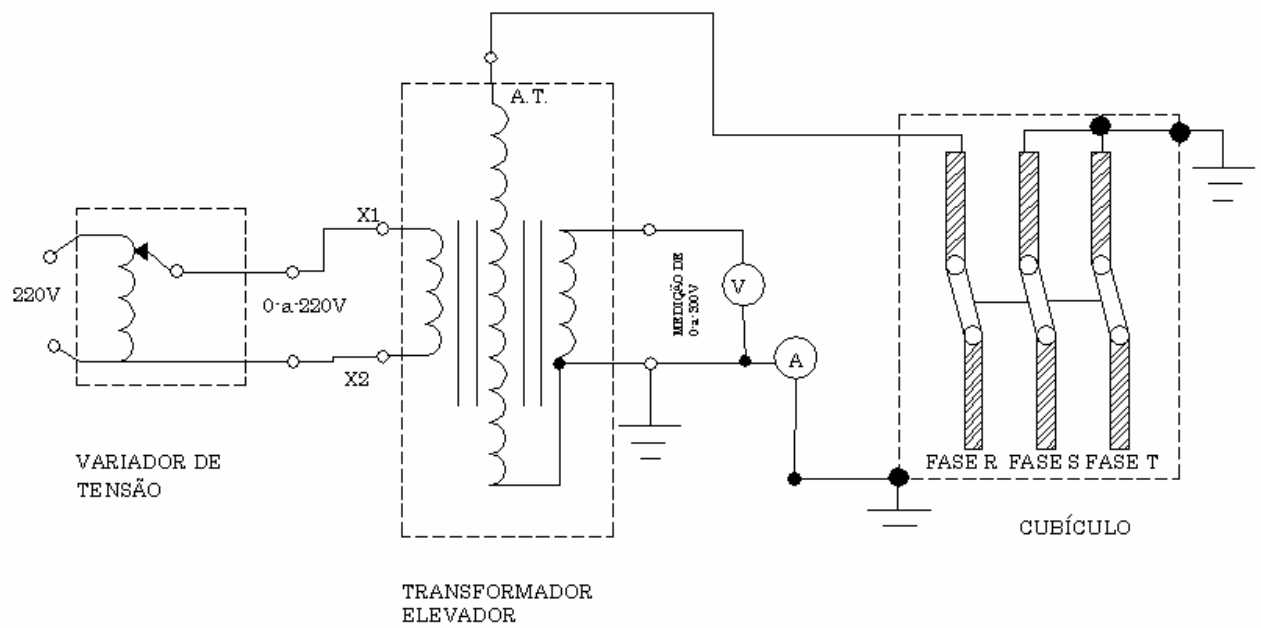
Classe de tensão do cubículo (kV)	Tensão suportável à freq. Industrial (kV)
3,6	10
4,76	19
7,2	20
15	34
24	50
25,8	60
36	70
38	80
48,3	95
72,5	140

7- TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA A ÓLEO:

Figura 91: Transformador de Potência.

São máquinas elétricas “estacionárias” que servem para transformar valores de tensões e correntes elétricas, podendo elevar ou abaixar essas grandezas, servindo também como isolador de circuitos elétricos.

O uso dos transformadores é bastante disseminado na distribuição de energia CA. Pois com essa máquina podemos transportar um valor considerado de potência a uma distância bastante considerada.

O transformador funciona baseado no princípio de indução mútua, onde no mínimo duas bobinas estão dispostas de modo que uma delas fica submetida ao campo magnético criado pela a outra. Este é constituído basicamente de um núcleo de ferro laminado onde são enroladas duas bobinas, uma chamada de bobina indutora ou primária e a outra de bobina induzida ou secundária.

A bobina indutora faz parte do circuito primário, que é aquele energizado pela fonte CA e a bobina induzida ao circuito secundário, de onde retira-se a tensão que foi induzida, no qual geralmente fica ligada a uma carga.

O acoplamento (ligação magnética) entre as duas bobinas ocorre pela geração de um fluxo magnético variável no núcleo (material de ferro laminado) do transformador produzido pela bobina primária a qual foi aplicada uma tensão CA. Esse fluxo corta a bobina secundária induzindo nessa uma tensão elétrica.

A potência que é consumida pelo transformador é igual a oferecida pelo mesmo a uma carga. Assim desconsiderando as perdas (efeito joule e outras) a potência aparente no primário (S_1) do transformador é igual a potência aparente em seu secundário (S_2).

7.1 – TIPOS DE TRANSFORMADORES:

1) Elevador – é aquele no qual a tensão do secundário é maior do que a do primário.

2) Abaixador - é aquele no qual a tensão do secundário é menor do que a do primário.

3) Isolador - é aquele no qual geralmente a tensão do secundário é igual a do primário. Utilizado para isolação elétrica entre circuitos.

4) Auto-transformador - é aquele que possui apenas um enrolamento, podendo apresentar várias derivações de saída.

7.2 – COMPONENTES DE PROTEÇÃO E MANOBRA:

Os transformadores devem ser protegidos contra sobrecargas, curto-circuito, surtos de tensão, vazamentos etc. Normalmente usam-se chaves fusíveis, disjuntores, secionadoras, pára-raios etc. todos esses componentes deverão ser adequadamente dimensionados para serem coordenados com o transformador e testados antes de fazer as conexões.

Devem ser instalados tão próximos quanto possível dos transformadores. Os elos utilizados nas chaves-fusíveis devem estar de acordo com a demanda e potência do transformador. O aterramento dos pára-raios deve ser feito com cabos independentes do aterramento do neutro do transformador.

7.2.1 – Acessórios e Componentes:

7.2.1.1 – Termômetro do óleo (ITO):

O termômetro é utilizado para indicação da temperatura do óleo.

Existem dois tipos:

Termômetro com haste rígida (figura 3a), usado com mais freqüência nos transformadores de meia-força;
Termômetro com capilar (figuras 3b, 3c), utilizado em transformadores de meia-força e força.

O termômetro possui na extremidade um bulbo que é colocado no ponto mais quente do óleo, logo abaixo da tampa.

O termômetro (figura 3a) possui, além do ponteiro de indicação de temperatura instantânea, dois ou três ponteiros controláveis externamente para ligação do sistema de proteção e ventilação forçada (Vf, alarme e desligamento) e um ponteiro de arraste para indicação de temperatura máxima do período. a seguir apresentamos a temperatura de regulagem recomendada para os ponteiros de ligação.

Elevação	VF	Alarme	Desligamento
55	75	85	95
65	85	95	105

Ponteiro indicador de temperatura máxima do período: após a inspeção periódica do termômetro, voltar o ponteiro indicador até encostá-lo no ponteiro principal, através do controle externo.

Fixação e advertências:

- O termômetro deve ser fixado de maneira a evitar vazamentos.
- O capilar não pode ser dobrado demasiadamente e nem esticado com força.
- O mostrador é hermeticamente fechado, e, portanto, sua tampa não pode ser retirada.

Figura 3a Figura 3b Figura 3c

7.2.1.2 – Termômetro de imagem térmica (ITE):

A imagem térmica é a técnica comumente utilizada para se medir a temperatura no enrolamento do transformador.

Ela é denominada imagem térmica por reproduzir indiretamente a temperatura do enrolamento, sendo que a temperatura do enrolamento, que é a parte mais quente do transformador, nada mais é do que a temperatura do óleo acrescida da sobre-elevação da temperatura do enrolamento (t) em relação ao óleo.

O sistema é composto de uma resistência de aquecimento e um sensor de temperatura simples ou duplo, ambos encapsulados e montados em um poço protetor, e imersos em uma câmara de óleo.

O conjunto é instalado na tampa do transformador, equalizando-se a temperatura do topo do óleo, indicando assim a temperatura no ponto mais quente do enrolamento e, dependendo dos ajustes pré-definidos, aciona contatos para controle de dispositivos e para comando de alarme e/ou desligamento do transformador.

A resistência de aquecimento é alimentada por um transformador de corrente associado ao enrolamento secundário do transformador principal.

Abaixo seguem alguns modelos mais utilizados. (figuras 4a, 4b).

Figura 4a Figura 4b

7.2.1.3 – Controladores microprocessados de temperatura:

Os controladores eletrônicos de temperatura foram desenvolvidos para substituir, com vantagens da tecnologia microprocessada, os termômetros de óleo e enrolamento tradicionais, utilizados em transformadores e reatores de potência.

Este equipamento recebe o valor da resistência de um sensor, geralmente Pt100 (figura 5a), e o transforma, através de um transdutor incorporado em temperatura equivalente, a qual é vista no monitor de temperatura (figura 5b), com painel frontal digital.

Desempenham diversas funções de controle e acionamento de contatos, sendo que através do teclado frontal podemos configurar os parâmetros de sua atuação e ler os valores medidos e setados.

IMPORTANTE:

Consultar o manual do monitor de temperatura do fabricante, para informações mais detalhadas.

Os modelos de monitores de temperatura, geralmente utilizados, estão descritos abaixo:

a) **TM1:** (figura 5b), controlador, normalmente chamado de monitor de temperatura; possui entrada para sensor de temperatura. Normalmente este sensor é um Pt100 (figura 5a), mas pode ser feito em Cu10. Também possui entrada para um sinal de TC, utilizado para compensação da temperatura do enrolamento, ou seja, entre outras funções, fornece a temperatura do óleo e do enrolamento;

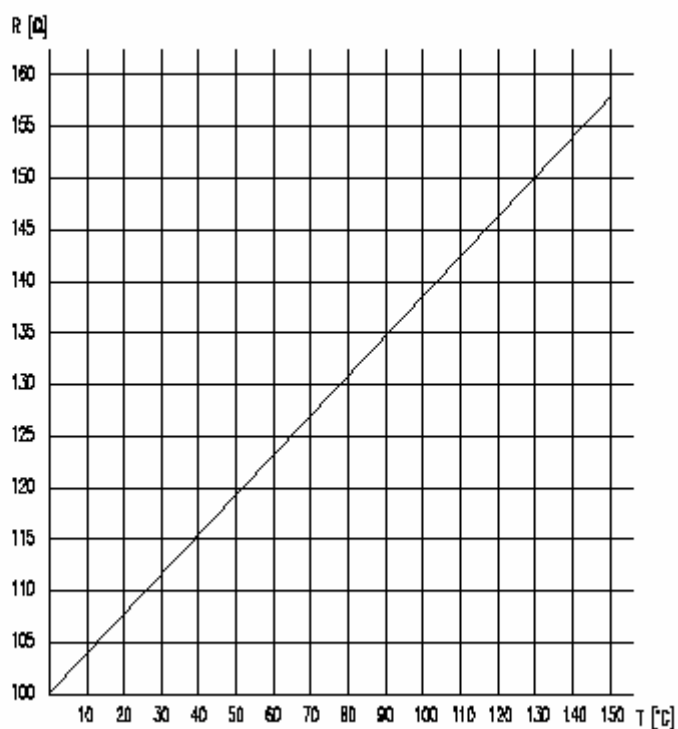
b) **TM2:** (figura 5c), serve para indicar apenas a temperatura de dois enrolamentos e não possui entrada para sensor da temperatura do óleo. Portanto, deve ser usado em conjunto com o TM1;

c) **PT100:** (figura 5a), é construído com sensor de platina que permite a leitura da temperatura de – 25°C até 850°C. Quando há variação de temperatura, sua resistência ôhmica muda (gráfico 1), permitindo desta forma a conversão desta resistência em temperatura através do transdutor de temperatura.

Devem-se observar periodicamente os contatos e condições físicas do bulbo e fiação do PT100.

Os controladores microprocessados são necessários quando o cliente solicita indicação digital de temperatura no transformador, pois os termômetros usuais são analógicos. Podem possuir saídas analógicas para transdutores ou indicadores instalados remotamente e ainda protocolo de comunicação RS 485 (modelo padrão, DNP 3.0 opcional).

Figura 5a Figura 5b Figura 5c

Gráfico 1

7.2.1.4 – Dispositivo de alívio de pressão:

Os dispositivos de alívio de pressão (figuras 6a e 6b) são instalados em transformadores imersos em líquido isolante com a finalidade de protegê-los contra possíveis deformações ou ruptura do tanque, em casos de defeito interno, com aparecimento de pressão elevada.

O princípio de funcionamento baseia-se em uma válvula com mola, provida de um sistema de amplificação instantânea da força de atuação. fecha-se automaticamente após a operação, impedindo, assim, a entrada de qualquer agente externo no interior do transformador. Não necessita ser isolada do tanque quando este é submetido a vácuo.

Figura 6a

Sem contatos
Figura 6b

7.2.1.5 – Relé de pressão súbita:

O relé de pressão súbita (figura 7) é um acessório de proteção que visa detectar variações rápidas de pressão no centro do tanque.

Normalmente é montado em uma das paredes laterais do tanque do transformador, no espaço entre o nível máximo do líquido isolante e a tampa. Entretanto, é aceitável também a montagem horizontal, sobre a tampa do transformador. É projetado para atuar quando ocorrem defeitos no transformador que produzem pressão interna anormal, sendo sua operação ocasionada somente pelas mudanças rápidas da pressão interna, independentemente da pressão de operação do transformador.

Quando o transformador é transportado cheio de líquido isolante ou é enchido no campo sob vácuo, é importante tomar as providências para evitar a entrada de líquido isolante no orifício equalizador de pressão ou no interior do relé. Normalmente o flange ao qual se aplica o relé é fornecido com tampa para vedação, sendo esse acessório fornecido em separado, devendo ser montado depois de concluída a instalação do transformador e seu enchimento com líquido isolante.

Para gradientes de pressão superiores a 0,2 atm/s a válvula opera instantaneamente. Por outro lado, o relé não opera devido a mudanças lentas de pressão próprias do funcionamento normal do transformador, bem como durante perturbações do sistema (raios, sobre-tensão de manobra ou curto-circuito), a menos que tais perturbações produzam danos no transformador que gerem variação súbita da pressão interna.

Com contatos
Figura 7

7.2.1.6 – Conservador de óleo:

O conservador de óleo (figura 8) é um acessório destinado a compensar as variações de volume de óleo decorrentes das oscilações de temperatura e da pressão.

Tem a forma cilíndrica, com o seu eixo disposto na horizontal e instalado a uma altura suficiente que possa assegurar o nível mínimo de óleo necessário para as partes que têm de ficar imersas. sua construção é em chapa de aço e possui resistência mecânica para vácuo pleno. É fixado através de suporte em perfis de aço estrutural.

Possui tubos flangeados para as conexões das tubulações do secador de ar e do relé de gás, para as conexões do indicador de nível de óleo e válvulas para enchimento e drenagem de óleo.

O conservador é geralmente embalado separado do tanque principal e sem óleo. todas as suas tubulações são fechadas com flanges.

Figura 8

7.2.1.6.1 – Conservador com bolsa de borracha:

A bolsa de borracha utilizada nos conservadores de óleo dos transformadores é um acessório opcional. Tem como objetivo evitar o contato do líquido isolante com a atmosfera, preservando-o da umidade e oxidação. A ligação da bolsa com a atmosfera é feita através do secador de ar com sílica-gel, que mantém o ar seco em seu interior, permitindo que a bolsa se encha e esvazie com as variações de volume do líquido isolante.

O ar existente entre a bolsa de borracha e suas adjacências, deverá ser eliminado no local da instalação, durante o enchimento de óleo. o óleo devidamente preparado é introduzido no tanque até a bolsa de borracha ficar vazia.

Exceto quando houver determinação especial, a temperatura deverá estar entre 5 e 35oC, e a umidade relativa do ar entre 45 e 85%, durante os ensaios. além disso, deverá ser evitada corrente de ar para que não haja variação de temperatura e umidade relativa, prejudicando assim os resultados.

Deverá resistir ao ensaio de estanqueidade com colocação de ar seco a pressão de 0,1kgf/cm2. Não deverá apresentar nenhum vazamento durante o ensaio.

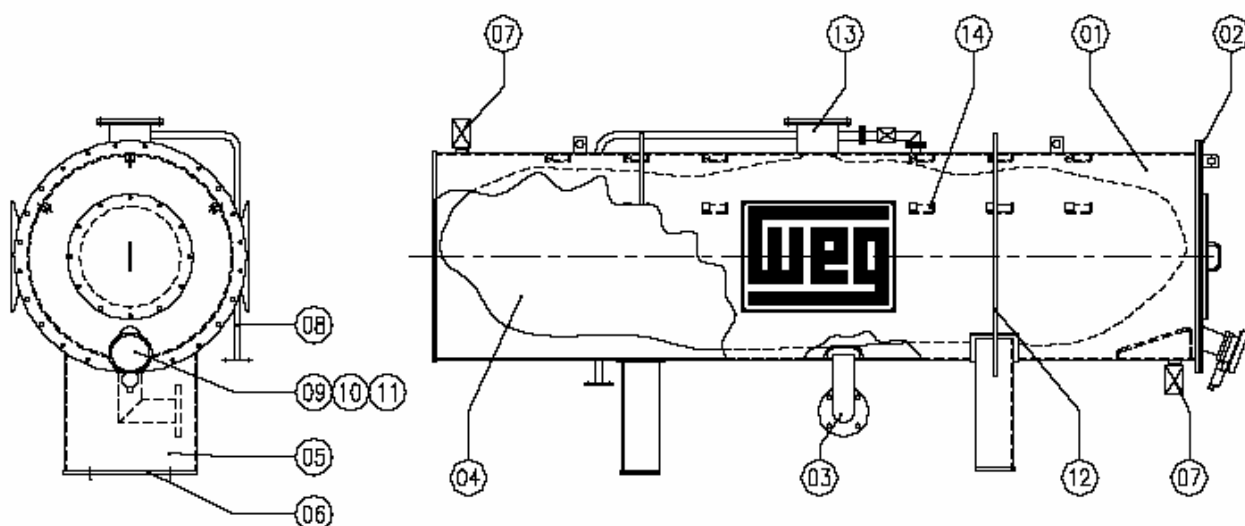



Figura 9 – Conservador de óleo com bolsa de borracha

Onde:

1. Corpo
2. Tampa
3. Tubulação para relé
4. Bolsa de borracha
5. Suporte
6. Base
7. Válvula 1"FF
8. Tubulação do secador
9. Conexão para INO
10. Indicador de nível
11. Ajuste de bóia
12. Reforço
13. Conexão para bolsa
14. Suporte da bolsa

7.2.1.7 – Secador de ar (Desumidificador de ar):

Para manter elevados índices dielétricos do líquido isolante dos transformadores, estes são equipados com secadores de ar (figura 10), os quais, devido a capacidade de absorção de umidade, secam o ar aspirado que flui para a parte interna do transformador.

O secador de ar é composto de um recipiente metálico, no qual está contido o agente secador (vide item 4.1.8), e uma câmara para óleo, colocada após o recipiente (que contém o agente) isolando-o da atmosfera. Durante o funcionamento normal do transformador, o óleo aquece e dilata, expulsando o ar do conservador através do secador.

Havendo diminuição da carga do transformador ou da temperatura ambiente, também haverá baixa da temperatura do óleo, acompanhada da respectiva redução do volume. forma-se, então, uma depressão de ar no conservador e o ar ambiente é aspirado através da câmara e do agente secador, o qual absorve a umidade contida no ar, que entrará em contato com o óleo.

Para a instalação do secador de ar, proceder conforme segue (ver também figura 11):

a) retirar o tampão localizado na ponta do tubo apropriado, localizado no conservador de óleo (não é necessário retirar o óleo do tanque);

b) retirar a tampa superior do secador de ar e introduzir a sílica-gel no seu interior;

c) recolocar a tampa do secador de ar;

d) fixar o secador de ar no tubo com o visor voltado para a posição de inspeção;

e) após fixá-lo, retirar a parte inferior de vidro do secador de ar e colocar o mesmo óleo do transformador até a indicação em vermelho;

f) recolocar, cuidadosamente, a parte de vidro do secador de ar;

g) Certificar-se da perfeita fixação do mesmo, de modo a evitar penetração de umidade no transformador.

Figura 10

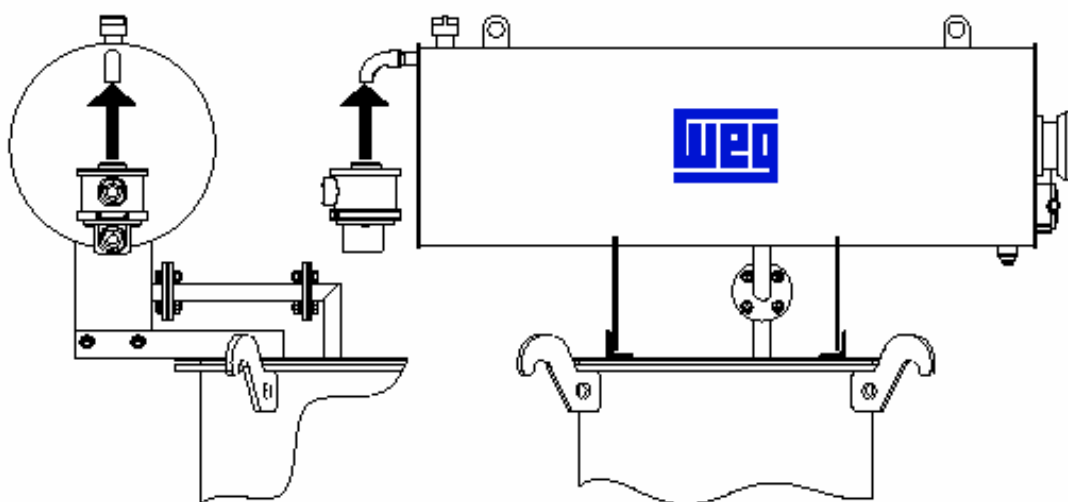



Figura 11

7.2.1.8 – Sílica-gel:

O agente secador, denominado sílica-gel, é vítreo e duro, quimicamente quase neutro e altamente higroscópico.

É um silício (95% sio2), impregnado com um indicador laranja (5%), quando em estado ativo.

Devido a absorção de água, torna-se amarelo claro, devendo, então, ser substituído. tem a vida prolongada através de processo de secagem, que pode ser aplicado algumas vezes, podendo ser reutilizado.

A higroscopicidade da sílica-gel pode ser restabelecida pelo aquecimento em estufa na temperatura de 80° a 100ºC, evaporando desta maneira, a água absorvida. a fim de acelerar o processo de secagem, convém mexê-la constantemente, até a recuperação total de sua cor característica. seu contato com óleo, ou com os menores vestígios do mesmo, deve ser evitado a todo custo para que não perca sua cor laranja, tingindo-se de marrom, tornando-se inutilizável. após a regeneração, a sílica-gel deve ser imediatamente conservada num recipiente seco, hermeticamente fechado.

Coloração laranja	Sílica-gel seca
Coloração amarelo	Sílica-gel com aproximadamente 20% da umidade absorvida.
Coloração amarelo claro	Sílica-gel com 100% de umidade absorvida (saturada).

7.2.1.9 – Relé de gás (tipo Buchholz):

O relé de gás tipo buchholz (figura 12) tem por finalidade proteger aparelhos elétricos que trabalham imersos em líquido isolante (geralmente transformadores). Enquanto sobrecargas e sobrecorrentes são fenômenos controláveis por meio de relés de máxima intensidade de corrente, defeitos tais como perda de óleo, descargas internas, isolação defeituosa dos enrolamentos, do ferro ou mesmo contra a terra, ocorridos em transformadores equipados apenas com relé de máxima, podem causar avarias de grandes proporções caso o defeito permaneça desapercebido do operador durante algum tempo.

O relé buchholz é instalado em transformadores justamente para, em tempo hábil, indicar por meio de alarme ou através do desligamento do transformador, defeitos como os acima citados e, deste modo, possibilitar sua recuperação.

Figura 12

O relé buchholz normalmente é instalado entre o tanque principal e o tanque de expansão do óleo do transformador (conservador). antes da energização do transformador, devem-se proceder as seguintes verificações:

1. Verificar a correta montagem do relé, em relação ao fluxo do óleo, o qual deverá estar com a seta direcionada ao tanque de expansão.

2. Verificar possíveis vazamentos decorrentes da montagem do relé no transformador.

3. Purgar o ar (sangria) do relé através da válvula localizada na tampa.

4. retirar a tampa do dispositivo de teste e travamento de bóias do relé, pino trava, retirar o inserto e recolocar a tampa.

A carcaça do relé é de ferro fundido, possuindo duas aberturas flangeadas e ainda dois visores providos de uma escala graduada indicativa do volume de gás. Internamente encontram-se duas bóias montadas uma sobre a outra. Quando do acúmulo de uma certa quantidade de gás no relé, a bóia superior é forçada a descer. se, por sua vez, uma produção excessiva de gás provoca uma circulação de óleo no relé, é a bóia inferior que reage, antes mesmo que os gases formados atinjam o relé. Em ambos os casos, ao sofrerem o deslocamento, as bóias acionam um contato elétrico. Caso o alarme atue sem que o transformador seja desligado, deve-se desligá-lo imediatamente e, em seguida, fazer o teste do gás contido no interior do relé.

Neste caso, a origem do defeito pode ser avaliada de acordo com o resultado do teste do gás, ou seja:

a) gás combustível (presença de acetileno): neste caso, provavelmente, há um defeito a ser reparado na parte elétrica;

b) gás incombustível (sem acetileno): neste caso temos o ar puro. o transformador poderá ser ligado novamente, sem perigo, após a desaeração (sangria) do relé.

7.2.1.10 – Indicador de nível de óleo:

Os indicadores magnéticos de nível têm por finalidade indicar com precisão o nível do líquido isolante e, ainda, quando providos de contatos para alarme ou desligamento, servirem como dispositivos de proteção do transformador.

Os indicadores magnéticos de nível (figuras 13a e 13b) possuem carcaça em alumínio fundido, sendo que a indicação de nível é feita por ponteiro acoplado a um ímã permanente, de grande sensibilidade, o que o torna bastante preciso.

O mostrador dos indicadores magnéticos de nível possui três indicações, conforme abaixo:

- **MIN**, que corresponde ao nível mínimo;
- **25ºC**, que corresponde à temperatura ambiente de referência (25ºC);
- **Max**, que corresponde ao nível máximo.

Figura 13a

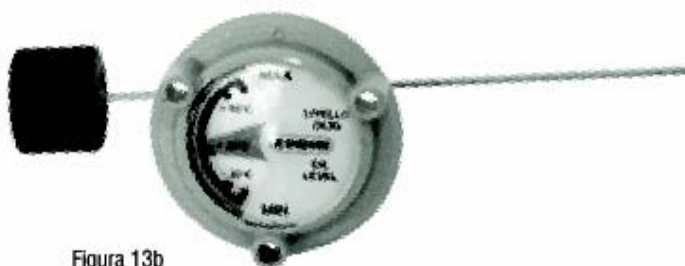



Figura 13b

7.3 – MANUTENÇÃO DE TRANSFORMADORES:

7.3.1 – Coleta de amostras de líquidos isolantes para transformadores:

Os líquidos isolantes são fluídos com características dielétricas à base de óleos minerais, vegetais ou produtos sintéticos e são utilizados em transformadores com a finalidade de isolar e de promover a remoção do calor gerado nas bobinas do equipamento. a verificação e acompanhamento de suas características físico-químicas, desde a energização do transformador, é fundamental para a segurança e preservação da vida útil do equipamento.

Portanto, apresentamos a seguir alguns cuidados a serem observados no monitoramento do óleo:

7.3.1.1 – Equipamentos para amostragem:

Usar os seguintes componentes:

a) frasco para amostragem: os frascos para acondicionamento das amostras devem ser de vidro escuro, com capacidade para um litro e preparados de acordo com o procedimento descrito no item 4.2.2;

b) Dispositivos de amostragem: ponto de coleta (niple) e mangueira.

7.3.1.2 – Limpeza dos frascos de amostragem:

Os frascos devem ser esterilizados de acordo com o seguinte procedimento:

a) Retirar eventual conteúdo dos frascos;

b) Lavar os frascos e as tampas com detergente neutro;

c) Enxaguá-los com bastante água corrente comum;

d) Deixar escorrer a água comum e enxaguar com água destilada;

e) Secá-los na estufa, em posição vertical, a uma temperatura de 102±2ºC, por um tempo mínimo de doze horas;

f) Deixar os frascos esfriarem em temperatura ambiente, fechando-os em seguida e tomando cuidado para não tocá-los com a mão na borda ou na parte interna da tampa, os quais entrarão em contato com o óleo.

Nota: No lugar da água comum pode ser utilizada solução sulfocrômica diluída em água, nas proporções indicadas pelo fabricante.

7.3.1.3 – Procedimento para coleta da amostra:

A coleta das amostras deve ser feita, preferencialmente, com tempo seco, evitando, assim, possível contaminação externa.

Quando o equipamento estiver em operação, a temperatura do líquido na hora da amostragem deve ser anotada.

Este requisito é particularmente necessário, quando o conteúdo de água ou as características dependentes deste devem ser verificadas.

IMPORTANTE:

Para transformadores selados ou com conservador de óleo (tanque de expansão) que estejam energizados, o operador deverá respeitar as normas de segurança quando da coleta de amostras de óleo. as coletas de óleo devem ser feitas, preferencialmente, com o transformador desenergizado.

Para retirada da amostra, proceder da seguinte forma:

a) remover a proteção do orifício de drenagem;
Nota: No caso do transformador não possuir o orifício de drenagem, a amostra poderá ser coletada através da válvula inferior ou da válvula superior ou de enchimento. Para coleta de amostragem em equipamentos abertos para inspeção, poderá ser utilizada mangueira, introduzindo-a no transformador.

b) remover toda a sujeira e poeira visível da válvula com um tecido limpo e sem fiapos;

c) adaptar o dispositivo de amostragem no registro;

d) abrir a válvula e deixar fluir, vigorosamente, no mínimo três vezes o volume da tubulação;
Nota: Este procedimento não se aplica ao equipamento com pequeno volume de óleo. Nestes casos, o volume a ser retirado deve levar em consideração o nível de óleo do equipamento;

e) Colocar o frasco embaixo do dispositivo de amostragem;

f) Encher o frasco desprezando, no mínimo, um volume de líquido igual a capacidade do recipiente. Recomenda-se encher os frascos o máximo possível, levando-se em conta as variações de volume decorrentes de possíveis alterações de temperatura;

g) Depois de enchidos os frascos, selá-los conforme descreve o item “h”;

h) terminada a amostragem, tampar os frascos tomando cuidado para não tocar na área da tampa que ficará em contato com o líquido. Envolver a parte do gargalo com filme plástico (cortado em círculo), apertá-lo firmemente, fixando-o com fita crepe.

i) Enviar as amostras devidamente identificadas conforme item **7.3.1.4** para o laboratório de análises.

7.3.1.4 – Identificação das amostras:

Os frascos com as amostras deverão conter, no mínimo, as seguintes informações:

a) Número de série do transformador;

b) Potência;

c) Classe de tensão;

d) tipo de óleo coletado;

e) Cliente (no caso de prestação de serviço);

f) Data da coleta;

g) temperatura ambiente e do óleo;

h) umidade relativa do ar;

i) Condição do equipamento (operando ou desligado).

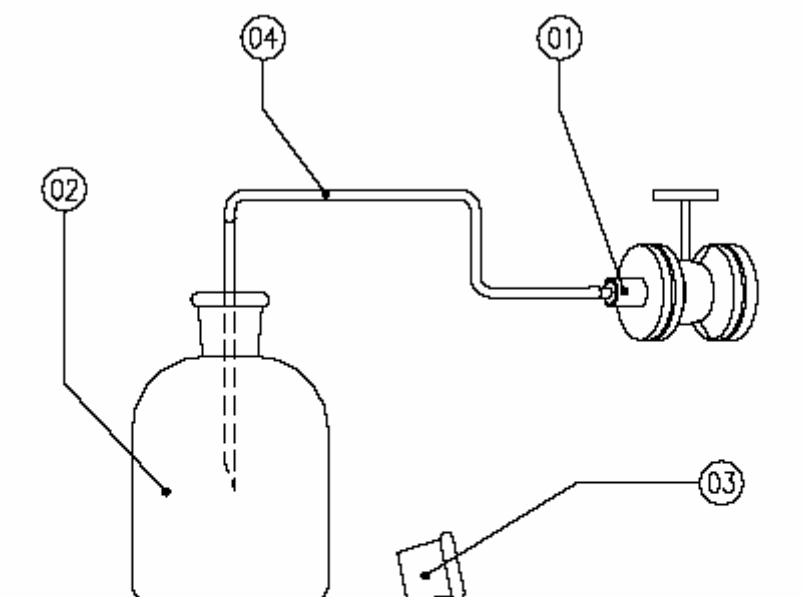



Figura 14 - Dispositivo para coleta de amostra de óleo para análise físico-quimica.

ONDE:
1. Conexão para o registro do equipamento.
2. Frasco de 1000 ml (vidro escuro).
3. Tampa do Frasco de 1000 ml.
4. Mangueira de plástico.

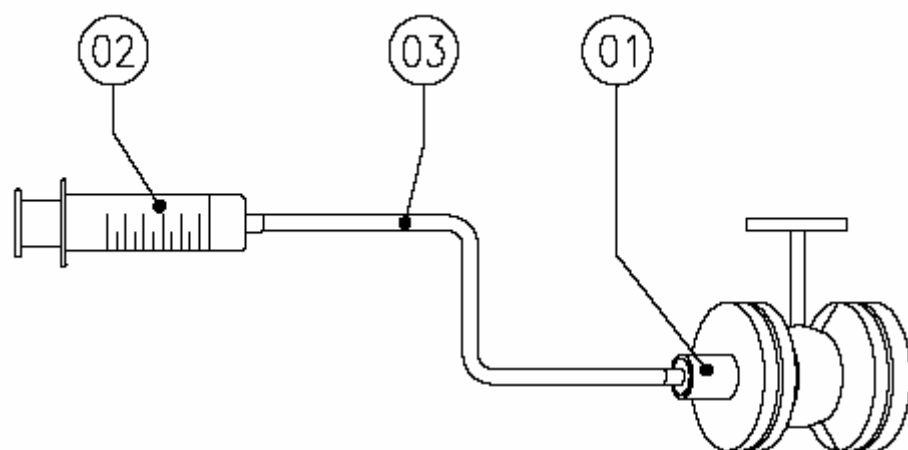



Figura 15 - Dispositivo para coleta de amostra de óleo para análise cromatográfica.

ONDE:
1. Conexão para o registro do equipamento.
2. Seringa de vidro 50 ml para ensaio cromatográfico.
3. Mangueira de plástico.

Tabela 3 – Características do óleo isolante

Ensaios	Resultados Típicos			Valores - Limites							Método de ensaio
				Óleo usado							
	Óleo novo	Óleo Usado	Óleo novo	Satisfatório		A recondicionar		A regenerar	Após tratamento		
				Até 230 kV	Acima	Até 230 kV	Acima		Até 230 kV	Acima	
Rigidez dielétrica (kV)	50 65 - 70	>40 >70 - >58	>40 >60 >32 >64	>30 >60 >24 >48	>35 >70 >27 >54	25 - 30 50 - 60 20 - 24 40 - 40	25 - 35 50 - 70 20 - 27 40 - 54	- - - -	>33 >66 >25 >50	>38 >76 >30 >60	ASTM D-877 NBR - 6869 ASTM D-1816 (004") ASTM D-1816 (008")
Conteúdo de água (ppm)	10	15	<10	<25	<15	25 - 40	15 -40	>40	<20	<15	Método Karl Fischer - ASTM D-1533 e PMB - 818
Acidez (mgKOH/g de óleo)	0,03	0,1 - 0,2	0,05	<0,3	<0,1	_		>0,4	<0,1		ASTM D-974 MB - 101 ASTM D-664 MB - 494
Tensão interfacial (N/m)	0,045	0,02 - 0,03	>0,04	>0,025		0,02 - 0,025		>0,020	>0,03		ASTM D-971 NBR 6234 ASTM D-2285
Cor	0,5	1 - 1,5	<1,0	<3		3,0 - 4,0		>4	<2		ASTM D-1500 MB-351
Fator de potência (%)	0,01 - 0,07 0,1	0,1 - 0,3 - - -	<0,05 <0,05 <0,3 -	0,5 - - -		0,5 - 1,5 - - -		>1,5 - - -	<0,1 - - -		20°C ASTM D-974 25°C ASTM D-974 100°C ASTM D-974 90°C VDE-370

Nota: As colunas "óleo novo" referem-se a óleo novo tratado para colocação em transformadores.

Tabela 4 - Recomendações em caso de problema no óleo isolante

Tg a 90°C (%) ou FP a 100°C (%) (Fator de perdas dielétricos a 90 ou 100° C)	Rigidez	Teor de água	Acidez	TIF>20 mN/m a 25°	Recomendações
Atende	Atende	Atende	Atende	Atende	Nenhuma
				Não atende	Regeneração ou troca de óleo
			Não atende	_	Regeneração ou troca do óleo e limpeza da parte ativa
	Não atende	Atende	Atende	Atende	Filetragem do oléo
				Não atende	Regeneração ou troca de óleo
			Não atende	_	Regeneração ou troca de óleo
		Não atende	Atende	Atende	Secagem da parte ativa e de óleo
				Não atende	Secagem da parte ativa e regeneração ou troca de óleo
			Não atende	_	Secagem da parte ativa e regeneração ou troca de óleo
Não atende	_	_	_	_	Regeneração ou troca de óleo

7.3.2 – Energização e Ensaios:

Antes da energização é recomendável a execução dos seguintes ensaios:

a) análise físico-química do óleo isolante;

b) análise cromatográfica do óleo isolante;

c) Medição do fator de potência do transformador,

d) Medição do fator de potência e capacitância das buchas condensivas, caso aplicável;

e) Medição da resistência de isolamento do transformador;

f) Medição da resistência do isolamento dos tC's de buchas e fiação do painel de controle do transformador (caso aplicável);

g) Medição da relação de transformação em todas as fases e posições do comutador;

h) Medição da resistência ôhmica dos enrolamentos em todas as fases e posições do comutador;

i) simulação da atuação de todos os dispositivos de supervisão, proteção, sinalização e ajuste dos termômetros do óleo e do enrolamento;

j) Medição da relação de transformação, resistência ôhmica, saturação e polaridade dos tC´s de buchas, caso aplicável;

k) Medição de corrente elétrica dos motoventiladores, caso aplicável;

l) Medição da resistência ôhmica nos enrolamentos dos motoventiladores, caso aplicável;

m) Verificar as tensões e isolação dos circuitos auxiliares antes de sua energização;

n) Verificar sentido de rotação dos motoventiladores, caso aplicável;

Nota: os valores obtidos nos ensaios acima deverão ser comparados com os valores de fábrica.

7.3.3 –. . Inspeções periódicas:

7.3.3.1 – Registros operacionais:

Os registros operacionais devem ser obtidos através das leituras dos instrumentos indicadores, das ocorrências extraordinárias relacionadas com o transformador, bem como todo evento relacionado, ou não, com a operação do sistema elétrico, que possa afetar o desempenho e/ou as características intrínsecas do equipamento. É recomendável a leitura diária dos indicadores de temperatura (anotar também a temperatura ambiente), do indicador de nível de óleo, carga e tensão do transformador.

7.3.3.2 – Análise termográfica:

Estas inspeções devem ser realizadas periodicamente nas subestações, objetivando principalmente detectar pontos de aquecimento em conexões elétricas e tanque do transformador.

7.3.3.3 – Verificação das condições do óleo isolante:

Periodicamente devem ser coletadas amostras de óleo isolante e realizadas análises físico-química e cromatográfica. os valores obtidos deverão ser avaliados conforme o item 4.2.5, tabela 3 (análise físico- química) e Nbr 7274 (análise cromatográfica).

7.3.3.4 – Inspeções visuais:

Devem ser feitas inspeções visuais periódicas, seguindo-se um roteiro previamente estabelecido, que deve abranger todos os pontos assinalados.

7.3.4 – Utilização das informações:

7.3.4.1 – Ocorrências que exigem desligamento imediato, pois colocam o equipamento e as instalações em risco iminente:

a) ruído interno anormal;

b) Vazamento significativo de óleo;

c) aquecimento excessivo em conexões elétricas constatados na medição termográfica;

d) relé de gás atuado;

e) sobreaquecimento de óleo ou dos enrolamentos detectados através dos termômetros.

7.3.4.2 – Ocorrências que exigem desligamento programado (que não oferecem riscos imediatos):

Estes desligamentos devem ser efetuados no menor prazo possível, dentro das condições operativas do sistema:

a) Vazamento de óleo que não oferece risco imediato de abaixamento perigoso do nível;

b) aquecimento em conexões elétricas e em partes específicas do transformador, observando os limites de elevação de temperatura dos materiais e os resultados das análises cromatográficas;

c) Desnivelamento da base;

d) anormalidades constatadas nos ensaios de óleo, obedecendo aos limites fixados na NBR-10756;

e) trinca ou quebra do diafragma de válvula de segurança (se o transformador for equipado com tubo de explosão);

f) Defeitos nos acessórios de proteção e sinalização.

7.3.5 – Ensaios e verificações – Periodicidade:

7.3.5.1 – Semestrais:

Devem ser feitas no mínimo as inspeções e verificações necessárias e determinadas no plano de manutenção, mesmo que se exija desligamento do transformador para análise de um ponto específico.

7.3.5.2 – Anuais:

a) Deve ser feita uma análise no óleo isolante, através de retirada de amostras, efetuando-se os ensaios físico-químicos prescritos na tabela 3.
Nota: Pode ser conveniente alterar o período desta inspeção, em função do tipo de construção do transformador, do local de sua instalação e do seu regime de operação.

b) É recomendável ainda que a cada ano seja feita, pelo menos, uma análise de gases dissolvidos no óleo isolante (cromatografia), conforme a NBR - 7274.

7.3.5.3 – Trienais:

Devem ser realizados os ensaios relacionados e inspeções conforme plano de manutenção, com desligamento do transformador.

7.3.5.4 – Transformador reserva:

Os procedimentos são os mesmos recomendados para transformadores energizados, onde aplicável.

7.3.6 – Orientação para inspeções periódicas semestrais e trienais:

Estabelece as verificações mínimas a serem feitas semestralmente (S) e a cada três anos (T).

7.3.6.1 – Buchas:

a) Vazamentos (S);

b) Nível do óleo isolante (S);

c) trincas ou partes quebradas, inclusive no visor do óleo (T);

d) fixação (T);

e) Condições e alinhamento dos centelhadores (T);

f) Conectores, cabos e barramentos (T);

g) limpeza das porcelanas (T).

7.3.6.2 – Tanque e Radiadores:

a) Vibração do tanque e das aletas dos radiadores (S) ;

b) Vazamentos na tampa, nos radiadores, no comutador de derivações, nos registros e nos bujões de drenagem (S);

c) Estado da pintura, anotando os eventuais pontos de oxidação (S);

d) Estado dos indicadores de pressão (para transformadores selados) (S);

e) todas as conexões de aterramento (tanque, neutro etc.) (T);

f) bases (nivelamento, trincas etc.) (S);

g) Posição das válvulas dos radiadores (S).

7.3.6.3 – Conservador:

a) Vazamento (S);

b) registros entre conservador e tanque, se estão totalmente abertos (T);

c) fixação do conservador (T);

d) Nível do óleo isolante (S).

7.3.6.4 – Termômetros de Óleo:

a) funcionamento dos indicadores de temperatura (S);

b) Valores de temperatura encontrados (anotar) (S);

c) Estado dos tubos capilares dos termômetros (T);

d) Pintura e oxidação (S);

e) Calibração e aferição (T);

f) Nível de óleo do poço do termômetro (T);

g) atuação dos contatos.

7.3.6.5 – Sistema de Ventilação Forçada:

a) Ventiladores: aquecimento, vibração, ruído, vedação a intempéries, fixação, pintura e oxidação (S) ;

b) acionamento manual (S);

c) Circuitos de alimentação (S);

d) Pás e grades de proteção (S).

7.3.6.6 – Secador de Ar:

a) Estado de conservação (S);

b) limpeza e nível de óleo da cuba (S);

c) Estado das juntas e vedação (S);

d) Condições da sílica-gel (S).

7.3.6.7 – Dispositivo de Alívio de Pressão:

a) tipo tubular: verificar a integridade da membrana (T);

b) tipo válvula: verificar funcionamento do microrruptor (T).
Nota: Para verificação do funcionamento físico da válvula, esta deve ser desmontada e ensaiada em dispositivo apropriado.

7.3.6.8 – Relé de Gás Tipo Buchholz:

a) Presença de gás no visor (S)

b) limpeza do visor (t);

c) Vazamento de óleo (S);

d) Juntas (s);

e) fiação (t);

f) atuação dos contatos (T).

7.3.6.9 – Relé de Pressão Súbita:

a) Vazamento (S);

b) Juntas (S);

c) fiação (T);

d) atuação dos contatos (T).

7.3.6.10 – Comutadores de derivações a vazio:

a) Estado geral e condições de funcionamento (T);

7.3.6.11 – Caixa de terminais da fiação de Controle e Proteção:

a) limpeza, estado da fiação e blocos terminais (S);

b) Juntas de vedação, trincos e maçanetas da caixa (S);

c) resistor de aquecimento e iluminação interna (S);

d) fixação, corrosão e orifícios para aeração (S);

e) Contatores, fusíveis, relés e chaves (T);

f) Isolação da fiação (T);

g) aterramento do secundário dos TC's, régua de bornes, identificação da fiação e componentes (T);

Nota: caso o transformador não esteja em operação, manter o sistema de aquecimento do painel de controle ligado.

h) aperto de todos os terminais (S).

7.3.6.12 – Ligações Externas:

a) aterramento (T);

b) Circuitos de alimentação externos (S) .

8- TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA A SECO:

8.1 – MANUTENÇÃO:

Sendo uma das grandes vantagens deste tipo de transformador, os transformadores a seco necessitam de pouca manutenção. Contudo, é necessário fazer um acompanhamento constante a fim de se evitar problemas como acúmulo de sujeira, (o que pode causar perda na capacidade de refrigeração e conseqüente perda de potência), deformações de sua estrutura e verificação das ligações, entre outras.

8.1.1 – Itens de Manutenção:

1. Inspeção visual do local;
2. Limpeza conforme especificado a seguir, verificação de entradas e saídas de ar;
3. Verificar se não houve sobreaquecimento nos terminais de ligação;
4. Verificar o funcionamento do conjunto de proteção térmica;
5. Verificação da pressão nos contatos dos terminais, painel de comutação.

8.2 – INSPEÇÕES PERIÓDICAS:

8.2.1 – Registros Operacionais:

Os registros operacionais devem ser obtidos através das leituras dos instrumentos indicadores, das ocorrências extraordinárias relacionadas com o transformador, bem como todo evento relacionado, ou não, com a operação do sistema elétrico, que possa afetar o desempenho e/ou características intrínsecas do equipamento. É recomendável a leitura diária dos indicadores de temperatura (anotar temperatura ambiente), carga e tensão do transformador.

8.2.2 – Inspeção Termográfica:

Estas inspeções devem ser realizadas periodicamente nas instalações, objetivando, principalmente, detectar aquecimento anormal nos conectores.

8.2.3 – Inspeções Visuais:

Devem ser feitas inspeções visuais periódicas, seguindo-se um roteiro previamente estabelecido, que deve abranger todos os pontos a serem observados.

Alguns defeitos normalmente ocorridos podem ser relacionados com sua sugerida solução.

ITEM	ANORMALIDADES	CAUSA PROVÁVEL	CORREÇÃO
1	Sobreaquecimento nos terminais AT, BT e pontos de conexão e painel de comutação.	Mau contato.	Limpeza de áreas de contatos. Apertar porcas/parafusos.
2	Sobreaquecimento do transformador	Sobrecarga acima do previsto.	Diminuir carga.
			Aumentar a refrigeração.
		Circulação de ar de refrigeração insuficiente.	Limpar canais de ar de refrigeração do transformador. Verificar dutos/aberturas para circulação de ar de refrigeração, quanto ao dimensionamento e a obstruções.
		Temperatura do ar de refrigeração acima da temperatura prevista.	Diminuir carga. Aumentar a circulação de ar da refrigeração.
3	Atuação do relé de proteção (alarme e/ou desligamento).	Sobreaquecimento do Transformador.	Conforme item 2.
		Falta de tensão de alimentação do relé.	Verificar tensão de alimentação no relé. Verificar funcionamento correto do relé e fiação,
4	Descarga entre terminais AT Descarga entre AT e massa	Redução da resistividade superficial do material isolante por existência de corpos estranhos.	Limpeza geral, com remoção dos corpos estranhos depositados na superfície.
	Descarga entre AT/BT Descarga entre BT/massa	Destruição do material isolante devido à sobretensões, sobreaquecimento ou esforços mecânicos acima do previsto.	Substituição ou reparo da peça danificada.
5	Ruído excessivo	Tensão mais elevada que a prevista. Assentamento não uniforme da base do transformador. Ressonância com superfícies ao redor do equipamento.	Verificar a tensão correta e ajustar ao tap mais adequado. Verificar a existência de superfícies metálicas (painéis, armários, dutos, portas, etc.) soltas com possibilidade de vibrações.

8.2.4 – Limpeza:

Um importante fator para um melhor funcionamento deste tipo de transformador é a constante e eficiente limpeza do mesmo para que não ocorra prejuízo de importantes características do transformador. Por esse motivo, é sugerido procedimentos de limpeza para os tipos de impurezas relacionadas a seguir:

Tabela 2: Procedimentos de limpeza para transformadores secos.

Tipo de sujeira encontrada	Procedimento utilizado
Pó seco em geral	1 e 4
Pó úmido	3 e 4
Maresia (salinidade)	1 e 4
Pó metálico (pó industrial)	1 e 4
Óleos em geral	2, 3 e 4
Grafite ou similares	1 e 4

8.2.4.1 – Procedimentos de Limpeza para Transformadores a Seco:

1. Com auxílio de um aspirador de pó ou um espanador e pano seco, remover a poeira depositada no transformador. Em seguida, use ar comprimido para remover os resíduos de poeira e fazer a limpeza dos canais de ventilação das bobinas e entre a bobina e o núcleo. A injeção do ar nos canais de ventilação deve ser feita de baixo para cima. A pressão do ar deve estar limitada a aproximadamente 5atm. Para finalizar, use um pano seco e limpo para remover resíduos que ainda permanecem nas bobinas, principalmente em volta dos terminais e nos isoladores.

2. Com auxílio de um pano umedecido com benzina, remova as impurezas do núcleo, ferragens e bobinas; repita com um pano seco e limpo. Observe se os canais foram obstruídos. Se as impurezas nos canais estiverem secas, adote o procedimento (1) nesta limpeza. Caso contrário identifique a sujeira existente e faça contato com a fábrica para verificar o melhor procedimento.

A utilização de benzina ou outro produto requer cuidados especiais em seu manuseio.

3. Com o auxílio de um pano umedecido em água, com pequena concentração de amoníaco ou álcool, remova impurezas do transformador. A limpeza pode ser complementada utilizando um dos procedimentos anteriores dependendo do tipo de sujeira a ser removida.

4. A finalização deverá sempre ser feita com um pano limpo e seco, devendo-se limpar toda a superfície, principalmente na região dos terminais de ligação.

8.3 – DISTÂNCIAS NECESSÁRIAS PARA OPERAÇÃO:

Os transformadores devem ser instalados e seus cabos ligados, observando-se os afastamentos dielétricos necessários, previstos por norma para cada classe de tensão. Devem estar afastado de paredes, grades, eletrodutos, cabos e outros dispositivos conforme os valores especificados na tabela a seguir, estas distâncias também são importantes a fim de termos o atendimento da ventilação:

Tabela 3: Espaçamentos externos mínimos para transformadores secos.

Classe de Tensão do Equipamento [kV](eficaz)	Tensão de Impulso Atmosférico [kV]	Espaçamento Mínimo FASE-TERRA [mm]	Espaçamento Mínimo FASE-FASE [mm]
0,6	----	25	25
1,2	----	25	25
7,2	40	45	60
	60	65	90
15	95	130	160
	110	150	200
24,2	125	170	220
	150	200	280
36,2	150	200	280
	170	240	320
	200	300	380

8.4 – LIGAÇÕES:

As ligações do transformador devem ser realizadas de acordo com o diagrama de ligações de sua placa de identificação.

É importante que se verifique se os dados da placa de identificação estão coerentes com o sistema ao qual o transformador vai ser instalado.

As terminações devem ser suficientemente flexíveis, a fim de evitar esforços mecânicos causados pela expansão e contração, que poderão quebrar os isoladores, quando existentes. Estas terminações admitem consideráveis pesos de condutores, mas devem ser evitadas longas distâncias sem suportes. Os cabos ou barras devem estar corretamente dimensionados e as conexões devidamente apertadas a fim de evitar sobreaquecimento.

O circuito de proteção térmica, quando existente, deve ser conectado conforme manual de ligação para o mesmo. A malha de terra deverá ser ligada a esses conectores por meio de cabo de cobre nú, com seção adequada.

Os terminais de alta tensão do transformador a seco são em cobre estanhado e os terminais de baixa tensão são em alumínio de liga especial para garantir qualidades mecânicas recomendáveis à boa conexão (excepcionalmente esses terminais são de cobre).

A conexão de alumínio requer alguns cuidados, como segue:

• **Preparação da Superfície:** Antes de realizar qualquer ligação ou conexão, as superfícies de alumínio devem ser limpas, a fim de retirar a fina camada de óxido que se cria espontaneamente ao contato com o ar, e que é péssima condutora. A remoção desta camada de óxido pode ser feita com escova de aço, lixa fina, raspagem, etc. É importante que esta operação seja feita com rapidez, e imediatamente após a mesma deverá ser untada com inibidor adequado (Vaselina Industrial Neutra em pasta).

• **Conexão Alumínio-Alumínio:** Os terminais do transformador já estando devidamente preparado e o barramento a ser conectado a ele sendo de alumínio, deve ser tratado de modo idêntico.

• **Conexão Alumínio-Cobre:**
- Superfície do condutor de alumínio nú: limpar;
- Superfície do condutor de cobre:
    _ Cobre nú: limpar,
    _ Cobre com recobrimento de prata, estanho ou níquel: limpar e untar com inibidor.

• **Material empregado para a conexão:** Todas as peças, porcas, parafusos, arruelas lisas e cônicas devem ser protegidas contra corrosão. Para altas correntes recomenda-se a utilização de inox.

• **Pressão de contato:** Os parafusos devem de preferência, ser apertados com uma chave com um dinamômetro ou chave limitadora de torque, para se obter uma distribuição uniforme de pressão contato. É recomendado realizar um reaperto dos parafusos após algumas semanas de uso, a fim de equalizar eventuais acomodações.

Momentos recomendados:

Parafusos (classe 8.8)	M8	M10	M12	M16
Momentos de aperto em Nm	20	40	75	140

8.5 – PROTEÇÃO E EQUIPAMENTO DE MANOBRA:

Os transformadores devem ser protegidos contra sobrecargas, curto-circuito e surtos de tensão através de chaves fusíveis, disjuntores, secionadores, pára-raios, etc., que deverão ser adequadamente dimensionados para serem coordenados com o transformador e testados antes de fazer as conexões.

8.6 – ENERGIZAÇÃO:

A energização do transformador deverá ser feita após a verificação dos itens relacionados a seguir:

- Verificar se as tensões da placa estão de acordo com as previstas para o local;

- Para a operação de transformadores em paralelo, verificar se está ligado com a polaridade correta;

- Verificar se as conexões dos cabos ou barras estão corretamente ligadas, posicionados de forma adequada;

- Verificar as ligações no painel de mudança de derivações deve estar firme e na mesma posição nas três fases;

- Se o aterramento está corretamente conectado ao parafuso previsto para esta finalidade, além de verificar se o aterramento foi executado em local previsto no projeto e mostrado no desenho;

- Para transformadores com dispositivo de proteção térmica, conferir a ligação do circuito, notando se a tensão está de acordo e se os contatos do alarme e do desligamento estão ligados aos respectivos circuitos;

- Verificar se não existe materiais, equipamentos ou outras impurezas sobre o transformador, entre as bobinas ou impedindo a ventilação nos canais de resfriamento;

- Sempre é recomendável fazer uma verificação da resistência do isolamento, fazendo medições entre os enrolamentos AT e BT e dos enrolamentos contra a terra.

Feito estas verificações o transformador deve ser conectado ao sistema de alta tensão. A tensão será aplicada com o transformador a vazio e observada. A tensão deverá ser medida nos terminais de alta tensão para checar a correspondente saída.

Operações em tensões acima da nominal podem causar a saturação e aumento significativo das perdas. Isto pode resultar em superaquecimento e níveis de ruído acima do normalizado. A carga deve ser aplicada progressivamente até a potência nominal.

9- DISJUNTORES:

9.1 – DEFINIÇÕES:

Disjuntor: É um equipamento de manobra e de proteção mecânico que é capaz de:

- Estabelecer, conduzir e interromper a corrente nominal do circuito;
- Estabelecer, conduzir (por um tempo especificado) e interromper a corrente de curto-circuito.

Contatos Principais: Destinados a conduzir as correntes do circuito principal do disjuntor enquanto fechado.

Contato Fixo: Peça condutora que possui uma superfície de contato praticamente imóvel em relação a estrutura do disjuntor.

Contato Móvel: Peça condutora que possui uma superfície de contato que pode aproximar e afastar de um contato fixo correspondente.

Contatos de Arco: Contato destinado a conduzir corrente do circuito principal do disjuntor, durante as operações de abertura e fechamento, transferindo para si o arco que se formaria nos arcos principais.

Contatos Auxiliares: Contatos acionados mecanicamente pelos mecanismo de operação do disjuntor, para sinalização, intertravamentos, etc..

Câmara de Extinção do Arco: Parte do disjuntor destinada a confinar e dirigir o arco até a sua extinção.

Mecanismo de operação: Conjunto de peças que por meio das quais se acionam os contatos principais.

Pólo: Conjunto de partes correspondentes a cada um dos condutores do circuito principal.

Pólo de Corte Único: Quando em cada pólo a abertura e fechamento do circuito principal se fazem em um único ponto (01 câmara de extinção por pólo).

Pólo de Corte Múltiplo: Quando em cada pólo a abertura e fechamento do circuito principal se fazem em vários pontos (mais de uma câmara de extinção por pólo).

Capacitores: São aplicados em paralelo às câmaras de extinção dos disjuntores com pólo de corte múltiplo (disjuntores com mais de uma câmara de extinção por pólo) com a finalidade de distribuir o potencial equitativamente entre as diversas câmaras quando o disjuntor esta aberto.

Resistores de Pré-inserção: São resistores que durante a manobra são inseridos em paralelo ao circuito principal do disjuntor com a finalidade de minimizar as sobre-tensões provenientes destas manobras (surto de manobras).

Para manobra de linhas de extra-alta-tensão, resistores de 400 – 1000 Ω podem ser necessários e os resistores deverão ser inseridos no circuito antes do fechamento dos contatos principais, com um tempo de 5 - 15 milisegundos.

Disjuntor de Abertura livre (TRIP-FREE): Disjuntor cujos contatos móveis voltam à posição aberta e nela permanecem, quando a posição de abertura é comandada após o início da operação de fechamento.

NOTA: A fim de assegurar uma interrupção correta de corrente, eventualmente estabelecida, poderá ser necessário que os contatos estejam novamente na posição fechada.

Tempo de Abertura: Tempo que decorre entre o instante de energização da bobina de disparo e o instante de separação dos contatos de arco do disjuntor.

Tempo de Arco: Tempo que decorre entre o instante de separação dos contatos de arco dos disjuntores e a extinção completa do arco em todos os pólos.

Tempo de Interrupção: Tempo que decorre entre o instante de energização da bobina de disparo até a extinção completa do arco em todos os pólos, ou seja, é a soma do tempo de abertura com o tempo de arco.

NOTA: O tempo de interrupção não deve ser tomado como duração total de abertura mecânica, que C medida até em que os contatos móveis atingem o fim de curso.

Tempo de Fechamento: Intervalo de tempo entre o início da operação de fechamento e o instante em que os contatos principais se tocam em todos os pólos.

Tempo de Estabelecimento: Intervalo de tempo entre o início da operação de fechamento e o instante em que a corrente começa a circular no circuito principal.

Tempo Morto (no religamento automático): Intervalo de tempo entre a extinção final do arco em todos os pólos na operação de abertura e o primeiro restabelecimento da corrente em qualquer pólo na posição de fechamento subseqüente.

Tempo de Religamento: Tempo que decorre entre a energização da bobina de disparo (estando o disjuntor fechado) e o instante em que se tocam os contatos de arco ou se estabelece uma corrente na operação de religamento automático. É igual à soma de tempo de interrupção e do tempo morto.

9.2 – CARACTERÍSTICAS NOMINAIS DOS DISJUNTORES:

São valores numéricos atribuídos as grandezas na especificação de um disjuntor e que servem de referência para o projeto, funcionamento e a realização dos ensaios prescritos pela norma respectiva.

Desta maneira temos para todos os disjuntores as seguintes características nominais:

Tensão Nominal (KV): A tensão nominal de um disjuntor corresponde à tensão máxima de operação do sistema para o qual o disjuntor é prescrito. As seguintes tensões nominais são normalizadas pela ABNT:
3,6 – 4,76 – 7,2 – 12 – 15 – 24 – 25,8 – 36 – 38 – 48,3 – 72,5 – 92 – 145 – 245 – 362 – 460 – 550 – 765 KV.

Freqüência Nominal (Hz): Corresponde a freqüência nominal do sistema para o qual o disjuntor é previsto.

Freqüência Nominal: 60 Hz.

Nível de Isolamento:é definido pelas:

A. **Tensão Suportável de Freqüência Industrial:** Valor eficaz da tensão de freqüência nominal que um disjuntor deve suportar, em condições de ensaios especificados.

B. **Tensão Suportável de Impulso:** Valor de crista da onda plena normalizada de polaridade especificada que um disjuntor deve suportar, em condições especificadas.

Os níveis de isolamento nominais de um disjuntor devem ser escolhidos entre os valores indicados em tabelas fornecidas pelos fabricantes.

Corrente Nominal (A): Os valores da corrente nominal devem ser escolhidos entre os seguintes: 400 - 600 - 630 - 800 - 1200 - 1250 - 1600 - 2000 - 3000 - 4000 - 5000 - 6300 A.

A corrente nominal corresponde ao valor eficaz da corrente de regime contínuo que o disjuntor deve ser capaz de conduzir indefinidamente à freqüência nominal, sem se deteriorar e sem que a elevação da temperatura das suas diferentes partes exceda os valores especificados.

Capacidade de Interrupção em Curto Circuito (KA): É indicada pela corrente de interrupção máxima que o disjuntor é capaz de interromper, nas condições prescritas de emprego e de funcionamento.

Os valores eficazes das correntes (componentes periódicos) devem ser escolhidos entre os seguintes valores: 6,3 - 8 - 10 - 12,5 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 - 80 - 100 KA.

Tensão de Restabelecimento Nominal: Tensão de restabelecimento é a tensão que aparece nos terminais de um pólo de um disjuntor depois da interrupção da corrente.

Capacidade de Restabelecimento Nominal em Curto Circuito - KA: Corresponde ao valor da corrente que o disjuntor pode estabelecer para qual as condições prescritas incluem um curto circuito nos terminais do disjuntor. Ela é igual a 2.5 vezes sua capacidade de interrupção normal.

Seqüência de Operações Nominais: Existem duas variantes das seqüências de operações nominais:

A) -O-TCO-T'-CO.

Na falta de identificador de intervalos de tempo:
T = 3 minutos, para disjuntores que não devem operar em religamento rápido.
T = 0.3 segundos, para os disjuntores que devem operar em religamento rápido (tempo morto entre interrupção e estabelecimento)
T ’= 3 minutos.

B) -CO-T"-CO.
T" = 15 segundos, para disjuntores que não devem funcionar em religamento rápido.
O = Representa uma operação de abertura (opening).

C =Representa uma operação de fechamento (closing).
CO =Representa uma operação de fechamento seguida imediatamente (isto é, sem retardamento intencional) de uma operação de abertura.
T, 'T', T" = Representam os intervalos entre duas operações sucessivas.

Características nominais a serem especificadas:

- Características nominais para o caso de falta das linhas;
- Duração nominal da corrente de curto circuito;
- Capacidade de interrupção de linhas em vazio;
- Tensões nominais de alimentação dos dispositivos de manobra de fechamento e abertura;
- Freqüência nominal de alimentação dos dispositivos de manobra de fechamento e abertura;
- Pressão nominal de alimentação de gás ou ar comprimido para as manobras ou para extinção do arco.

9.3 – PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO:

Os disjuntores em geral, dependem de um meio isolante para a realização da extinção dos. arcos voltaicos internos, por este motivo o princípio de funcionamento que será exposto a seguir, pode ser utilizado em todos os tipos de disjuntores (sopro de ar, à óleo isolante, à vácuo ou à gás). O ponto inicial para a operação de um disjuntor, é o fechamento do mesmo, que parte podendo ser do carregamento das molas de fechamento por catracas mecânicas, impulsionada por manivela ou motor elétrico ou por um sistema hidráulico pressurizado por motobomba e com acumuladores de nitrogênio. O ponto limite de carregamento será dado por uma trava mecânica ou limitador de curso mecânico ou hidráulico (pressostatos) ajustados para cada tipo de equipamento. O carregamento das molas de abertura é realizado durante a operação de fechamento do equipamento, automaticamente, pois não dependem de acionamento externo para o seu carregamento e do sistema hidráulico é carregado quando a pressão após a operação atinge a pressão ajustada no estágio do pressostato.

Ao acionar o fechamento do equipamento, o eixo principal de acionamento, provocará o deslocamento dos contatos móveis paralelamente, de maneira a que no menor espaço de tempo possível os mesmos atinjam o batente junto aos contatos fixos. Durante o trajeto percorrido pelos contatos, o óleo isolante, ou gás SF6 será pressionado no interior do pólo, de forma a fluir com uma vazão acentuada pelos orifícios da câmara de extinção, sendo direcionado este jato de óleo ou gás que está sendo formado, para o ponto de conexão externa entre os contatos fixo e móvel.

Na abertura de um disjuntor, o ciclo é reverso mas mantém as mesmas características de propulsão do óleo ou gás isolante para o ponto de extinção do arco voltaico. Por este motivo nos disjuntores á óleo, o estado de conservação do óleo isolante é de vital importância, principalmente o nível interno do mesmo e a sua rigidez dielétrica e o gás se mantenha com a umidade permitida e que não esteja demasiadamente degradado. Um isolante com baixa rigidez pode agravar o arco voltaico, ao invés de extingui-lo, pois passaria a “alimentar" o mesmo com um caminho de baixa isolação. Quanto ao nível de óleo, o mesmo não pode apresentar-se alto, nem tampouco baixo, porque o nível alto não deixará internamente no equipamento, espaço suficiente para a dissipação dos gases gerados durante a abertura pela queima do óleo isolante, e o nível baixo não fornecerá óleo suficiente para a extinção adequada do arco voltaico e quanto

ao gás SF6, a pressão interna de gás deverá ser a estabelecida, pois se não houver o volume de gás suficiente, poderá afetar suas propriedades dielétricas e a velocidade do disjuntor.

Salientamos que o nível interno de óleo e a pressão de gás de um disjuntor, deve sempre apresentar-se de maneira igual em todos os seus pólos, visto que por ser um dispositivo mecânico, variações de nível acentuadas entre os pólos, provocam diferenças nos tempos de abertura de cada uma das fases, podendo provocar defeitos mecânicos no equipamento, visto que o amortecimento da abertura e do fechamento do equipamento está ligado diretamente ao nível do óleo e do gás isolante.

9.4 – ENSAIOS DE TIPO E DE ROTINA:

Os ensaios a serem realizados em laboratórios se dividem em:

9.4.1 – Ensaios de tipo:

Os ensaios de tipo têm a finalidade de verificar as características dos disjuntores dos seus dispositivos de manobra e de seus equipamentos auxiliares.

Os resultados de todos os ensaios de tipo devem ser registrados em relatórios de ensaios de tipo **(Type - test report**) contendo os dados necessários para provar que o disjuntor satisfaz a prescrição das especificações.

Em princípio, cada ensaio de tipo deve ser efetuado sobre um disjuntor novo e limpo e os diversos ensaios de tipo podem ser efetuados em ocasiões e lugares diferentes, portanto, os ensaios de tipo são realizados, em principio em uma única unidade de um lote de disjuntor de mesmo modelo e características.

Os ensaios de tipo compreendem:

- Ensaios para comprovar que o comportamento mecânico é satisfatório;
- Ensaios para comprovar que o funcionamento mecânico é satisfatório;
- Ensaios para comprovar que a elevação de temperatura de qualquer parte não excede;
- Ensaios para comprovar que está de acordo com os limites especificados;
- Ensaios para comprovar a capacidade do disjuntor em estabelecer e interromper correntes de Curto circuito;
- Ensaios para comprovar a capacidade do disjuntor de interromper correntes de linha em vazio;
- Ensaios para comprovar a capacidade do disjuntor de interromper correntes em bancos de capacitores;
- Ensaios para comprovar a capacidade do disjuntor de interromper pequenas correntes indutivas;

9.4.2 – Ensaios de rotina:

Os ensaios de rotina têm por objetivo revelar defeitos do material ou de fabricação do disjuntor. Estes ensaios não prejudicam as propriedades e a qualidade do equipamento convencional submetido aos ensaios, ou seja, não são destrutivos.

Os ensaios de rotina são realizados por ocasião do recebimento do disjuntor (ensaios de aceitação) e são realizados normalmente nos laboratórios de ensaios do fabricante.

Os ensaios de rotina devem ser realizados de preferência em todas as unidades, entretanto quando o número de unidades é relativamente grande, os ensaios poderão ser realizados em certo número de "amostras", conforme acordo entre comprador e fabricante.

Os ensaios de rotina compreendem:

- Ensaios de tensão suportável a seco em freqüência industrial do circuito principal;
- Ensaios de tensão suportável a seco dos circuitos de controle e auxiliares;
- Medição das resistências de contato do circuito principal;
- Ensaios de funcionamento mecânico (medições dos tempos de abertura e fechamento durante as manobras).

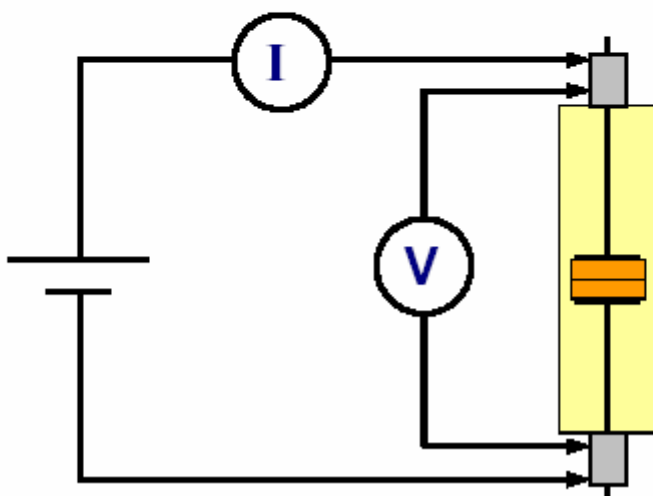
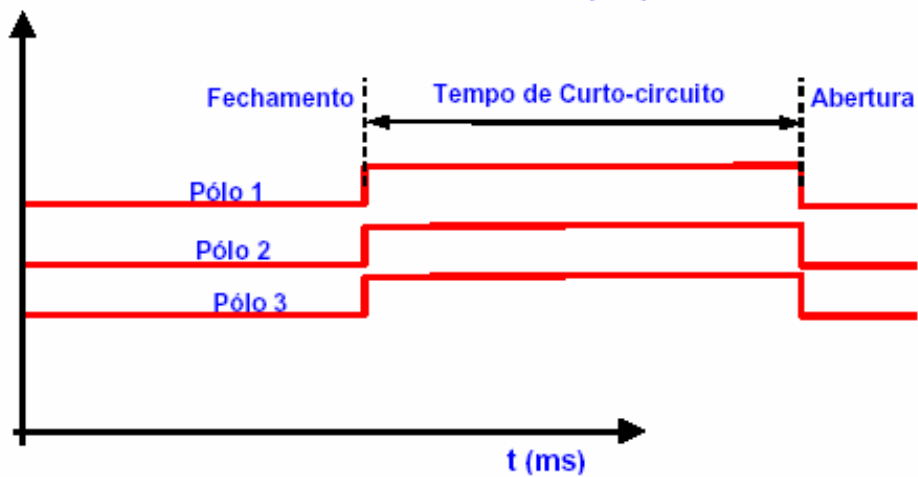
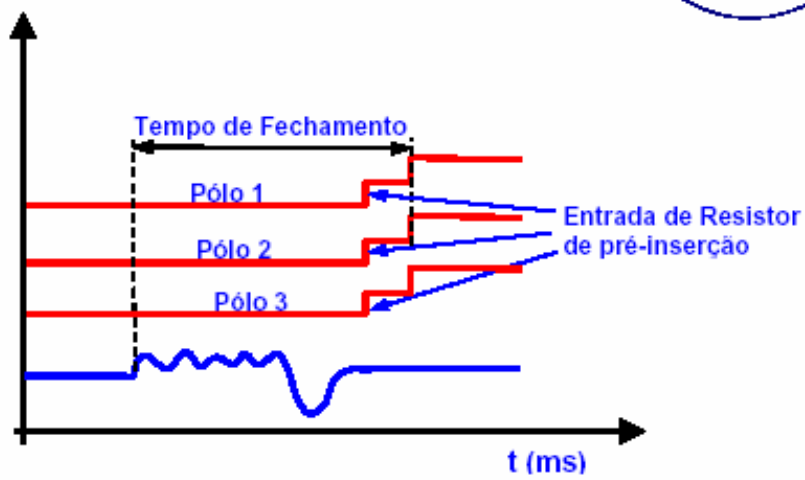
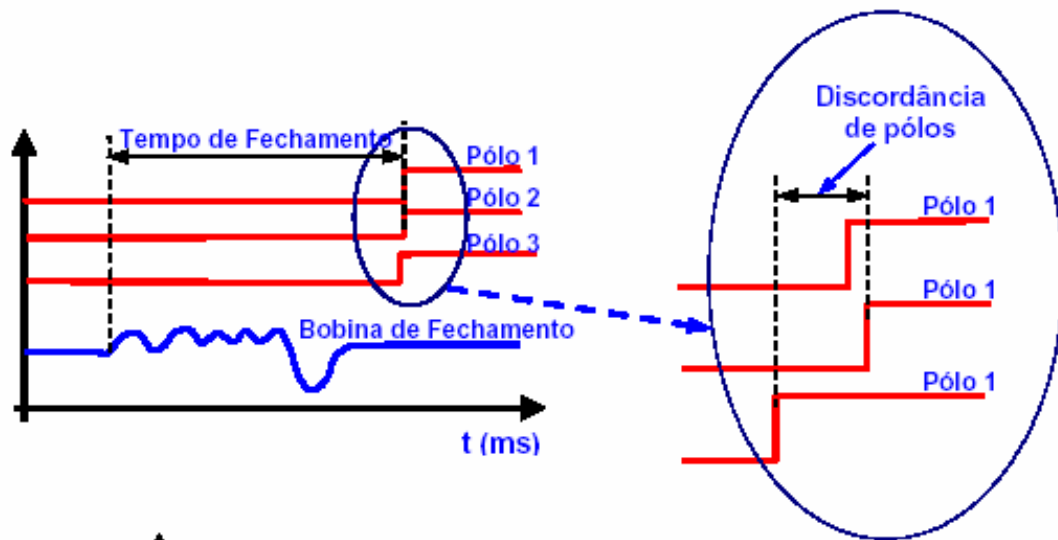
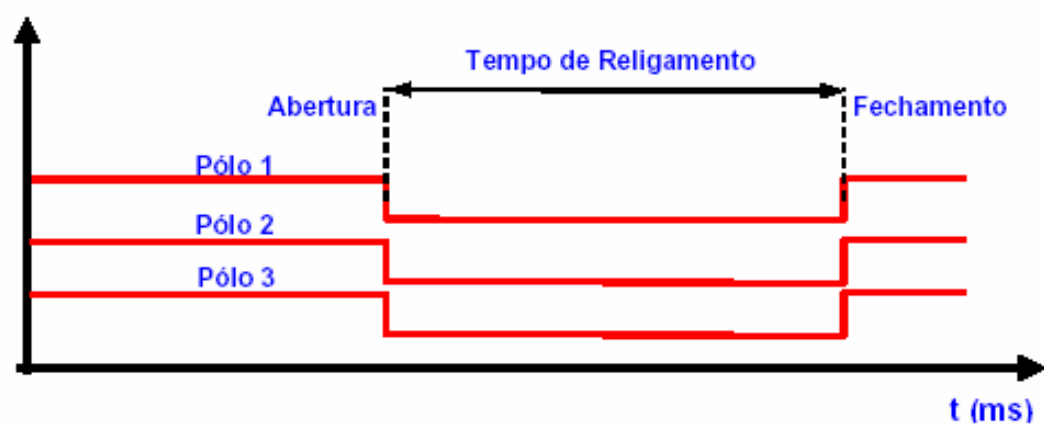
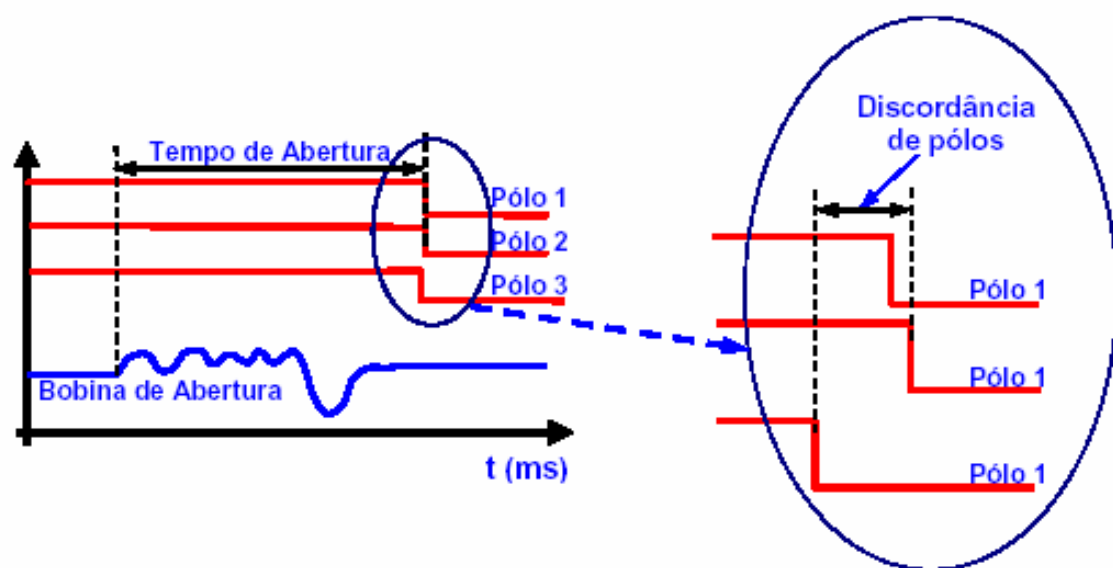
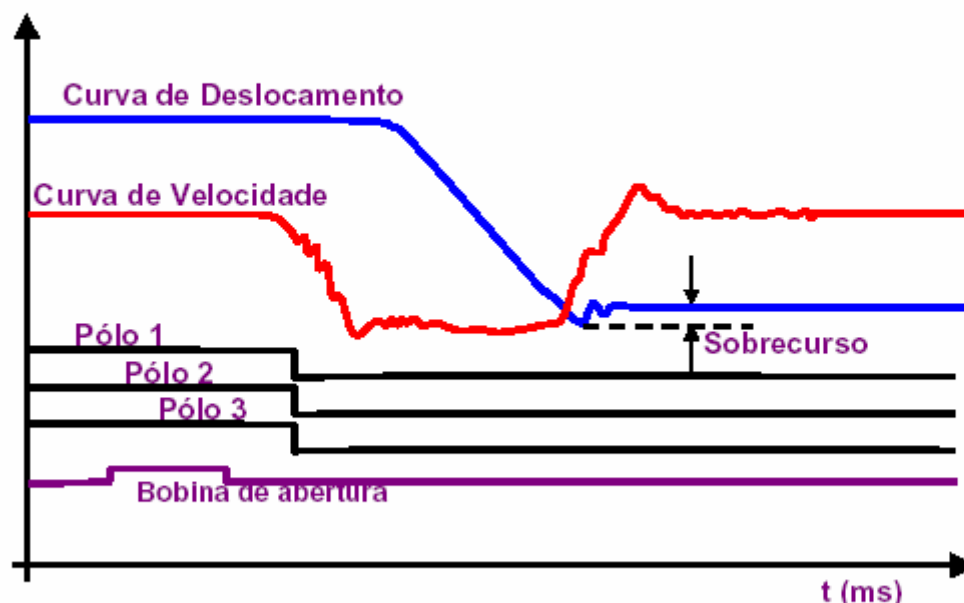
RESISTÊNCIA DE CONTATO

MÉTODO: QUEDA DE TENSÃO (para Resistências < 1 mΩ)

Lembrando: Resistências entre 1 mΩ e 1 Ω ➔ Ponte Kelvin;

Resistências > 1 Ω ➔ Ponte Weatstone

TEMPOS DE OPERAÇÃO
Tempo de Fechamento
Pólo 1
Pólo 2
Pólo 3
Bobina de Fechamento
t (ms)
Discordância de pólos
Pólo 1
Pólo 1
Pólo 1
Tempo de Fechamento
Pólo 1
Pólo 2
Pólo 3
Entrada de Resistor de pré-inserção
t (ms)
Fechamento
Tempo de Curto-circuito
Abertura
Pólo 1
Pólo 2
Pólo 3
t (ms)

Tempo de Abertura
Pólo 1
Pólo 2
Pólo 3
Bobina de Abertura
t (ms)
Discordância
de pólos
Pólo 1
Pólo 1
Pólo 1

Tempo de Religamento
Abertura
Fechamento
Pólo 1
Pólo 2
Pólo 3
t (ms)

9.5 – MANUTENÇÃO DE DISJUNTORES:

Os disjuntores juntamente com os relés, transformadores para instrumentos e banco de baterias, são os elementos básicos de proteção do sistema. Estes equipamentos são solicitados esporadicamente a interromper correntes de curto-circuito elevadas onde são envolvidos esforços térmicos e eletromagnéticos violentos. Por operarem nessas condições adversas, é necessária uma manutenção cuidadosa. A freqüência das inspeções depende fundamentalmente das condições locais, tipo de instalações, número de operações, posição estratégica na instalação etc. No entanto, no mínimo uma inspeção a cada ano é recomendável. Após a interrupção de grandes correntes de curto-circuito, recomenda-se medir a resistência de contato antes da recolocação em serviço.

Em caso de grandes períodos de in-operação, por falta de solicitação, é necessário que, ao menos a cada seis meses, sejam realizados testes de abertura e fechamento. Isso ajudará a manter as partes em condições de operação.

Segurança

Antes de iniciar os serviços de manutenção, verificar as normas de segurança e ter certeza que todas as linhas (controle, ar comprimido, circuito hidráulico etc.) estão desligadas ou bloqueadas, as buchas desenergizadas e o barramento aterrado. Atenção especial será dada ao manuseio de molas carregadas, pois as mesmas poderão ser inadvertidamente descarregadas com eminente perigo.

Testes de condicionamento

A montagem do disjuntor deverá ser realizada conforme manual de instruções do fabricante. Antes da energização as seguintes verificações e testes mínimos são recomendados:

1. Verificar o nível do óleo isolante, aterramento, lubrificação do mecanismo, reaperto de parafusos, aspecto geral da pintura e limpeza das buchas;
2. Verificar a pressão de gás *(SF6,* ar comprimido); simular a atuação do relê de gás (níveis de alta e baixa pressão);
3. Medir a resistência de contato dos pólos*;*
4. Medir os tempos de abertura e fechamento;
5. Medir a resistência de isolamento;
6. Para disjuntores de tensão de 15 kV e acima medir as perdas dielétricas.

Disjuntores a ar comprimido e a gás SF6 com multicâmaras, em geral, são testados com os capacitores equalizadores montados em paralelo com a câmara principal. De forma geral, a capacitância da câmara é insignificante comparada com a do capacitor.

Os valores de fator de potência das câmaras de disjuntores a ar comprimido e SF6 em geral são menores que 1 %. O aumento do fator de potência, normalmente, é provocado por problemas no capacitor e, quando necessário, deverá ser ensaiado separadamente.

9.5.1 – MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE DISJUNTORES:

Devem-se seguir rigorosamente as instruções fornecidas pelos fabricantes. De modo geral cada disjuntor deverá ser inspecionado, se possível a cada seis meses ou a cada 1000 operações, e todas as vezes que houver uma interrupção por um curto circuito elevado. É muito importante registrar o número, de operações de um disjuntor.

Por ocasião da inspeção, além dos contatos deverão ser verificados:

- O mecanismo de operação (lubrificação, estanqueidade e funcionamento);

- Os amortecedores;

- O óleo (testar a rigidez dielétrica) e trocá-lo, se for necessário (rigidez dielétrica inferior a 25 - 30KV com as esferas a 2.5mm de distância). No caso de disjuntores a reduzido volume de óleo, o mesmo deverá ser trocado após o número de manobras recomendado pelo fabricante, ou também após o máximo de seis desligamentos de curto circuito.

Com relação aos contatos principais é sempre preferível trocar (caso se necessário) do que tentar limar, tornear ou recuperar.

Além de verificar as partes essenciais constituintes do próprio disjuntor, deverão ser observados os seguintes equipamentos auxiliares:

- Tensão de comando;
- Motor de carregamento das molas;
- Relés auxiliares;
- Circuito de fechamento e abertura;
- Gaxetas;

- Registros (bujões);
- Nível de óleo;
- Conexões externas;
- Isoladores, buchas.

É necessário também:

- Verificar a resistência de isolamento (1MΩ para cada 1KV anualmente);
- Teste de resistência dos contatos (valores de catálogo);
- Lubrificação do comando.

LEMBRETE: Antes de efetuar a inspeção do disjuntor, não esquecer de isolá-lo do circuito, garantindo esta isolação por meio de cadeados e em se tratando de disjuntores extraíveis, a inspeção poderá ser feita com o mesmo fora do cubículo.

Recomendação de tempos de inspeção e testes de manutenção preventiva:

a) Inspeções mensais:

- Verificar o nível do óleo dos pólos; o mesmo deverá estar compreendido entre as marcas de máximo e mínimo do indicador de nível. Levar em consideração a temperatura do equipamento. Com temperatura muito baixa, o óleo poderá ficar abaixo da marca de nível mínimo e vice-versa com temperaturas muito altas; normalmente, não tem maiores conseqüências. O enegrecimento do óleo não tem muita importância.

- Verificar a densidade do gás dos pólos.

b) Inspeções anuais:

- Verificar o sistema de proteção primaria, injetando corrente no circuito primário.
- Verificar nas curvas de funcionamento dos relés se o tempo de operação corresponde ao esperado.

- Provocar a atuação do disjuntor, via circuito de proteção, por simulação da atuação dos relés.

- Simular a atuação dos relés de bloqueio e alarmes local e remota.

- Verificar a existência de vazamentos (gaxetas ressecadas, buchas rachadas). Verificar a lubrificação do mecanismo, resistência de aquecimento, silicagel, ete.

- Inspeções bianuais:

- Medir o isolamento das hastes de acionamento, câmaras e isoladores, contra terra;

- Verificar as perdas dielétricas das hastes, câmaras de extinção e buchas para tensões de 15 kV e acima. Se os testes de acionamento e perdas dielétricas não forem satisfatórios, drenar o óleo, lavar as câmaras por circulação de óleo novo. Completar o volume de óleo e repetir os testes dielétricos. Se as perdas continuarem anormais,·desmontar o pólo para inspeção;

- Testar o relé de pressão de gás dos pólos; verificar a atuação do disjuntor por simulação da atuação dos contatos do relé;

- Medir a resistência de contato; se tiver aumentado excessivamente em algum dos pólos, desmontar e inspecionar os contatos;

- Verificar o sistema hidráulico e pneumático do comando de acionamento;

- Lubrificar os eixos e pinos do mecanismo de acionamento;

- Medir a tensão mínima de acionamento dos comandos de abertura e fechamento dos contatos.

d) Inspeção após a interrupção de curtos-circuitos:

Após a interrupção de um curto-circuito franco, é recomendável que, antes da energização do disjuntor, sejam feitos testes de isolamento e resistência de contato particularmente em disjuntores a óleo.

9.6 – VERIFICAÇÃO DE CONTATOS FIXOS E MÓVEIS:

A verificação do estado de conservação dos contatos de um disjuntor é realizado através do ensaio de resistência de contatos do mesmo, onde devemos tirar um comparativo entre os valores encontrados no ensaio, e os valores nominais do catálogo do fabricante. Alterações acentuadas nestes valores não significam obrigatoriamente que os contatos apresentem de na sua camada de metalização (prata), apenas indicam que por um motivo qualquer (contatos frouxos, óleo carbonizado entre contato e carcaça ou penetração), houve uma elevação deste valor de resistência de contato.

Sempre que estes valores forem detectados nos testes, será obrigatória a abertura do pólo e a retirada dos contatos para inspeção visual, com limpeza dos pontos de conexão dos contatos com o assentamento do pólo do disjuntor. Caso a camada de metalização apresente elevada deterioração na sua camada de metalização, a mesma deverá ser recuperada ou o contato de dedo defeituoso, substituído.

9.7 – CARACTERÍSTICAS DOS DISJUNTORES:

TENSÃO	MEIO ISOLANTE	MECANISMO ACIONAMENTO	SENSOR ACIONAMENTO
BT (até 1000V)	**Ar (caixa moldada)**	**mecânico mola (incorporado cm)**	**Termomagnético (incorporado cm)**
MT (até 36kV)	**Ar Óleo Vácuo Gás SF6**	**Mecânico mola**	**TCs + relés de proteção**
AT (até 800kV)	**Óleo Ar comprimido Gás SF6**	**Mecânico mola Hidráulico Pneumático Gás dinâmico**	**TCs + relés de proteção**

9.8 – MEIOS ISOLANTES EMPREGADOS:

9.8.1 – Gás SF6: Hexafluoreto de Enxofre:

A escolha do gás SF6 para a utilização em disjuntores Alta Tensão vem de três fatores preponderantes:

1. As excelentes propriedades dielétricas;

2. A contribuição no processo de interrupção do arco elétrico (absorção da energia do arco pela decomposição da molécula SF6 em flúor e enxofre, quando na presença de altas temperaturas);

3. A recomposição da molécula SF6 após a extinção do arco.

OBS: O SF6 é pressurizado dentro da câmara de extinção para se obter uma maior concentração das moléculas e portanto o desempenho desejado. (ex. 7,0bar)

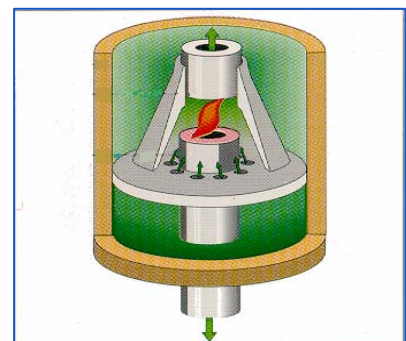
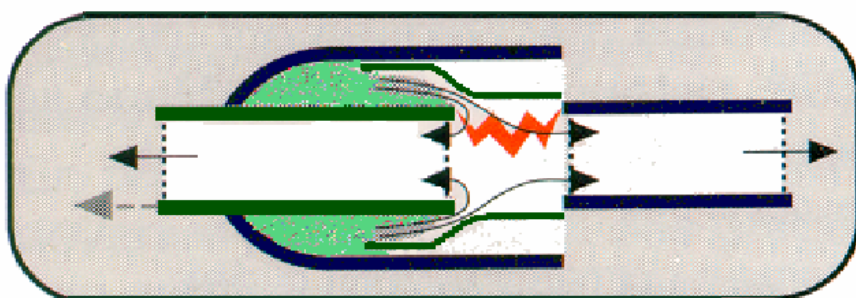
9.8.2 – Óleo Isolante Mineral:

Utilizados em disjuntores de média tensão, conhecidos como disjuntores PVO (Pequeno Volume de Óleo) e GVO (Grande Volume de Óleo). Possui boas propriedades dielétricas.

9.8.3 – Vácuo:

Utilizam uma câmara em vácuo (ampola de vácuo) como meio para a extinção do arco elétrico, utilizados também em equipamentos de média tensão.

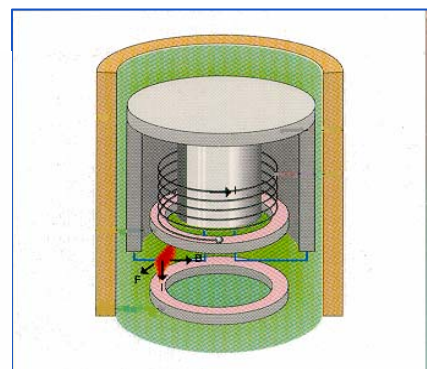
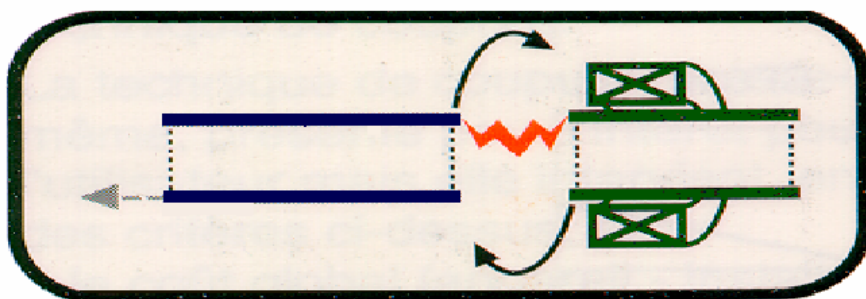
9.9 – TECNICAS DE INTERRUPÇÃO:

9.9.1 – Auto Compressão (PUFFER):

Pontos Fortes:

- Tecnologia consagrada e eficaz na interrupção de pequenas e elevadas correntes.
- Bom desempenho em aplicações de alta cadência de manobra.

Pontos Fracos:

- A energia requerida para acionamento é maior do que a necessária para técnicas de interrupção que depende exclusivamente da intensidade da corrente.

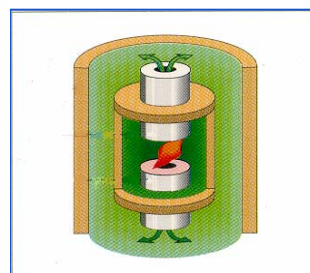
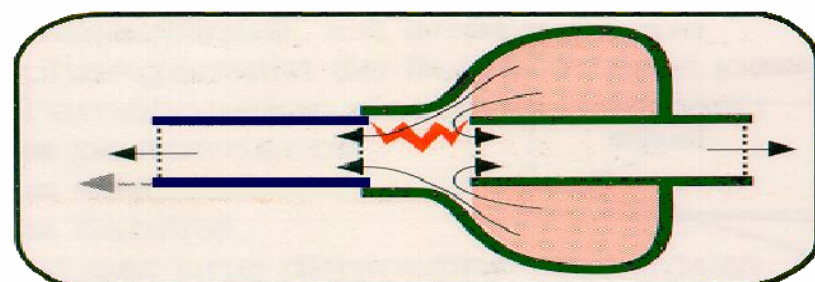
9.9.2 – Arco Rotativo:

Pontos Fortes:

- Requer baixa energia para acionamento;

- Para pequenas correntes indutivas as sobretensões são de baixa amplitude (interrupção muito próxima do zero de corrente).

Pontos Fracos:

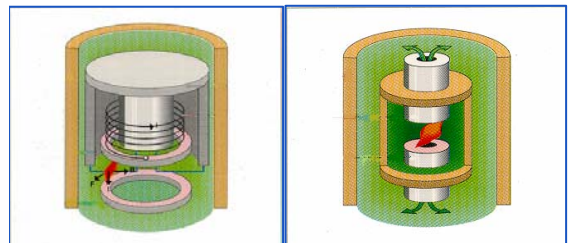
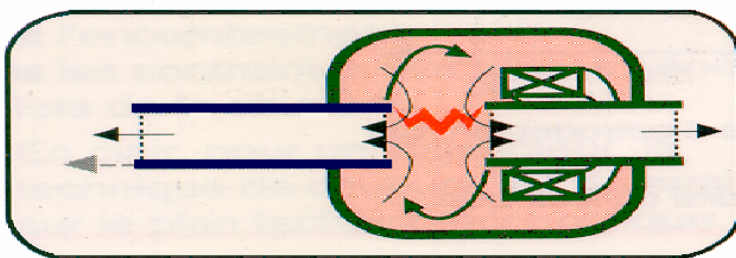
- Isoladamente não é utilizada em Alta Tensão, devido ao seu baixo poder de interrupção de altas correntes de Curto Circuito.

9.9.3 – Expansão Térmica :

Pontos fortes:

- Requer baixa energia para acionamento;
-
- Admite interrupção de altas correntes de curto circuito.

Pontos Fracos:

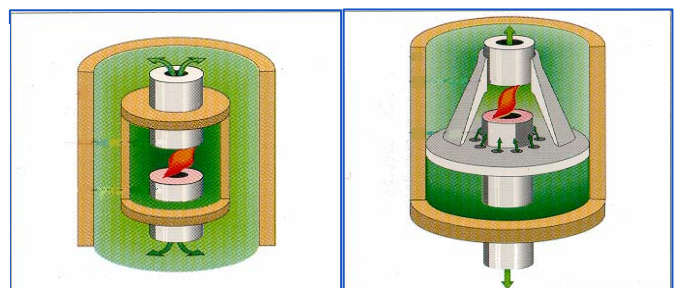
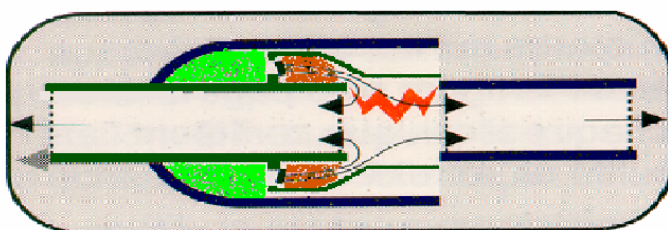
- Isoladamente não é utilizado em AT, devido a dificuldade de interrupção de baixas correntes.

9.9.4 – Expansão Térmica + Arco Rotativo:

Pontos fortes:

- Requer baixa energia para acionamento;
- Associa as vantagens das duas técnicas de interrupção.

Pontos Fracos:

- Área comum Limites de cada técnica;
- Dificuldade de interrupção de baixas correntes;
- Dificuldade de interrupção de altas correntes de Curto Circuito.

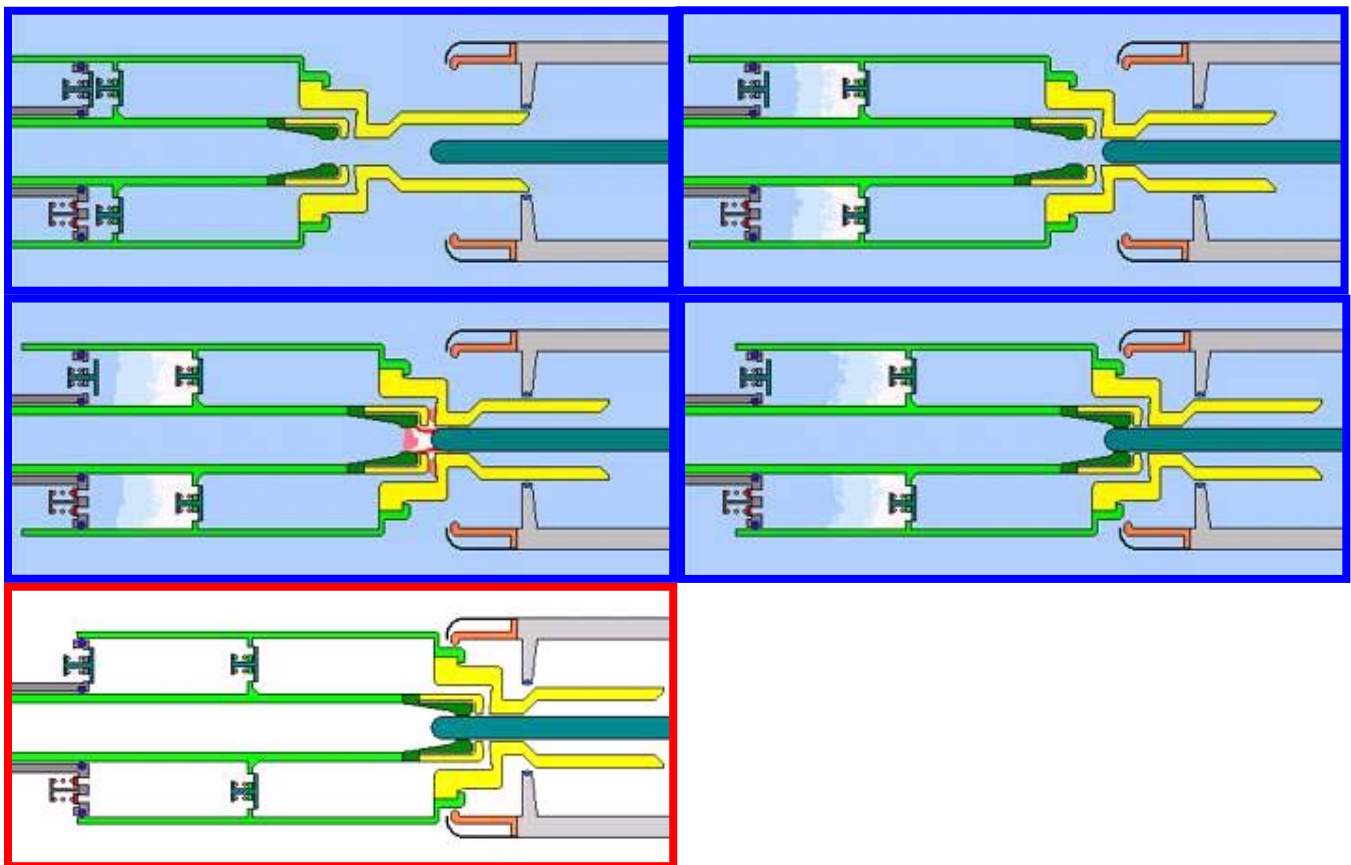
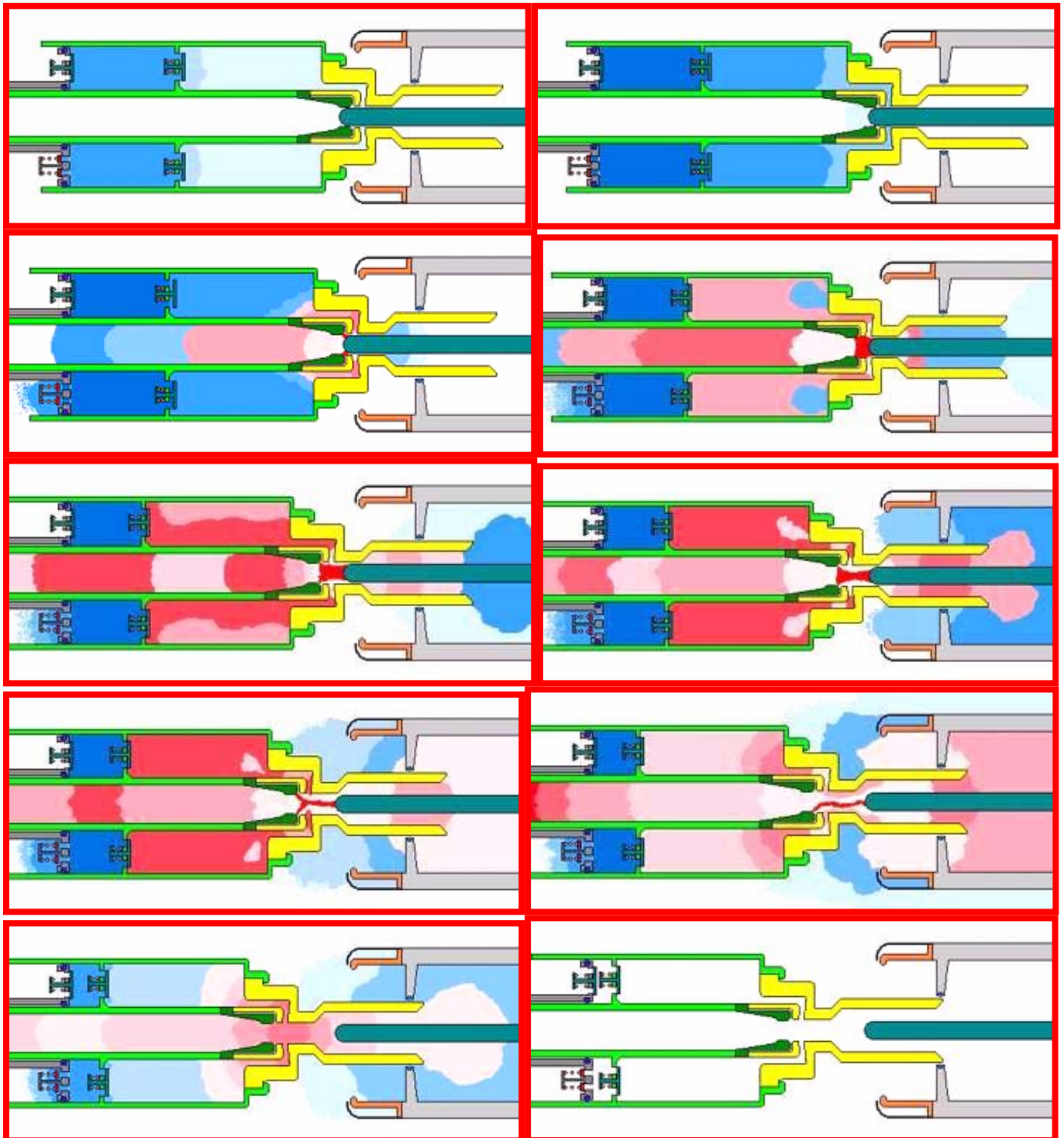
9.9.5 – Auto Compressão com Expansão Térmica:

Pontos fortes:

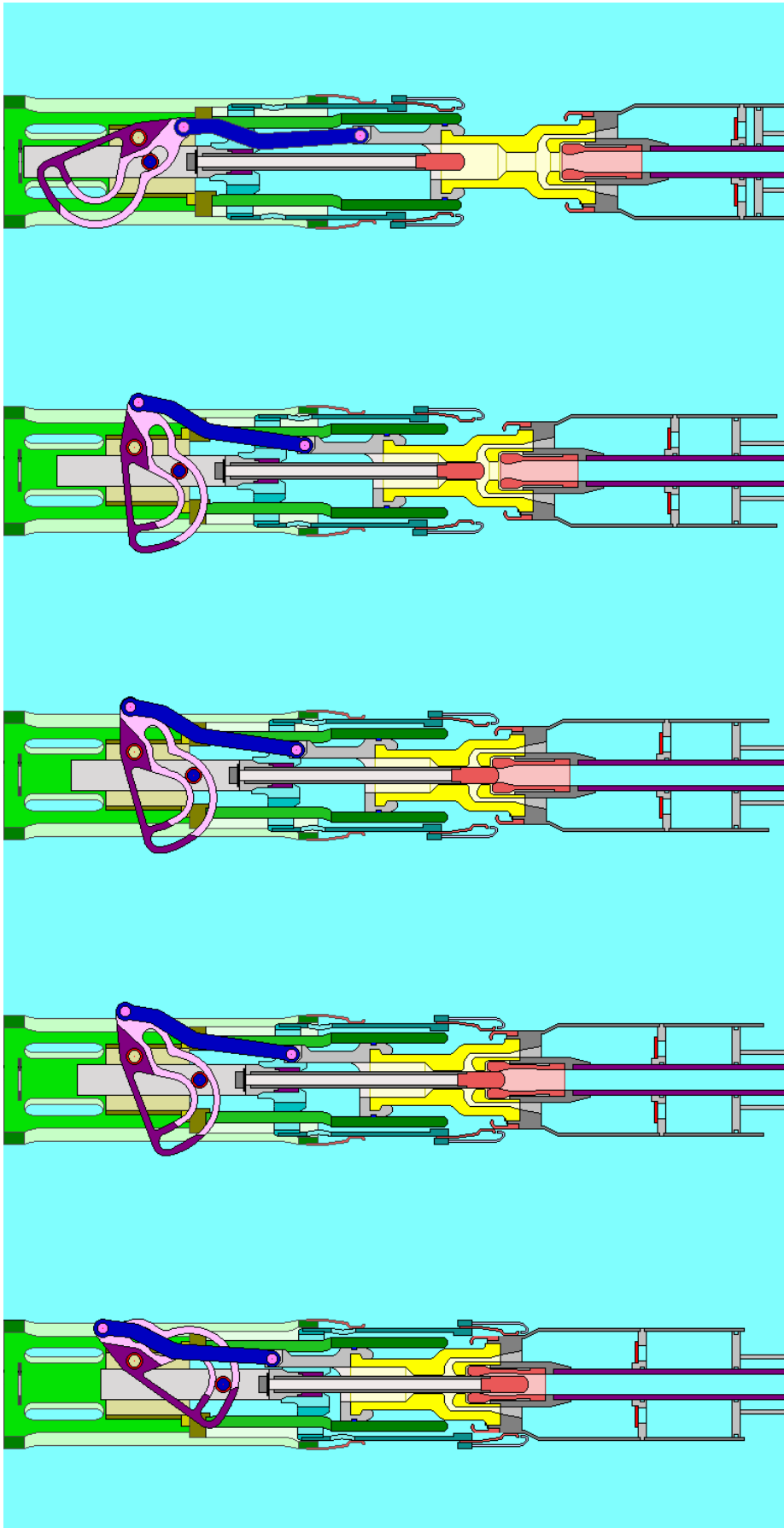
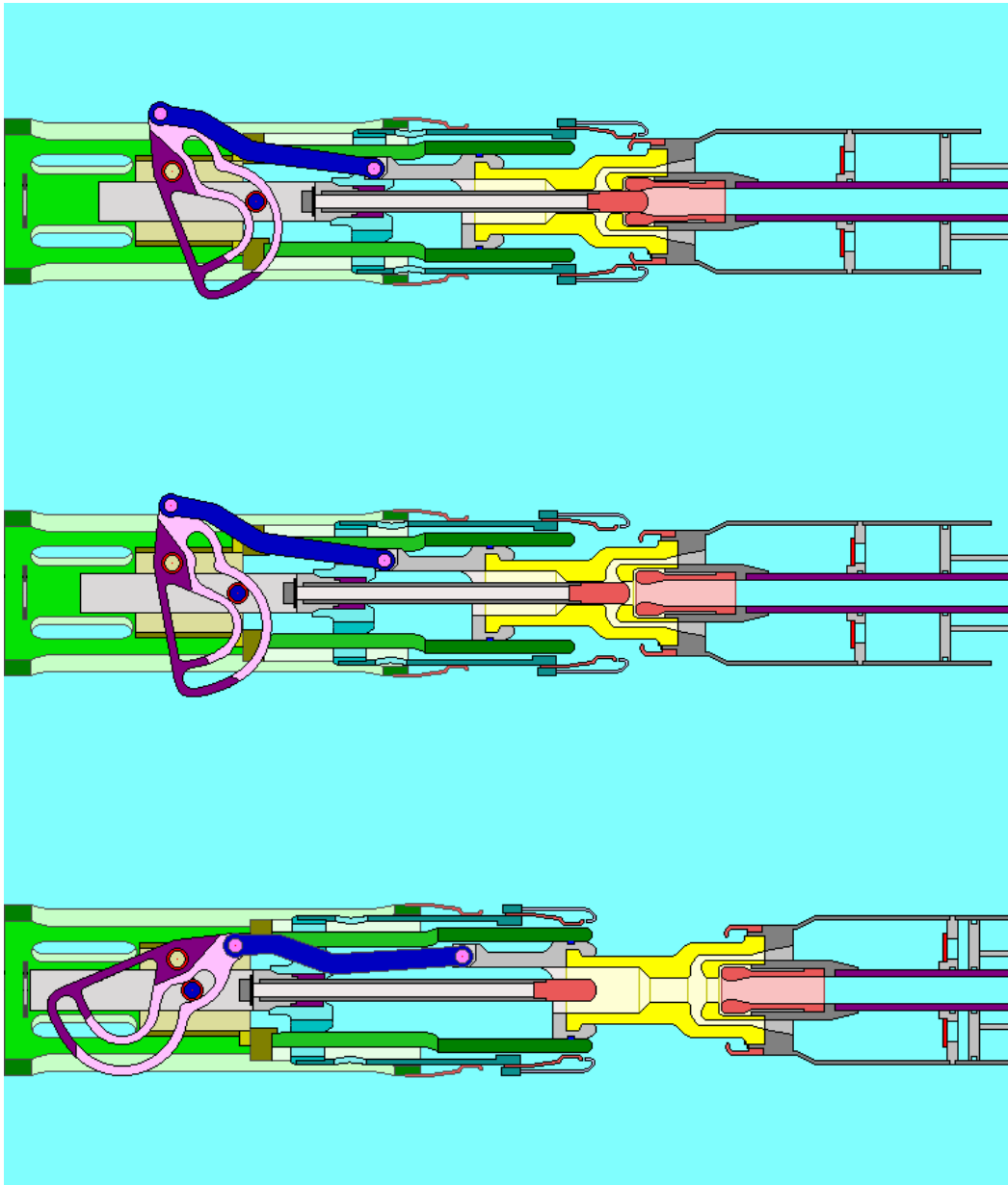
- Associa as vantagens das duas técnicas de interrupção.

Pontos Fracos:

- Área comum Limites de cada técnica;
- Energia requerida para acionamento;
- Dificuldade de interrupção de baixas correntes.

9.10 – FECHAMENTO E ABERTURA:

FECHAMENTO:

ABERTURA

DUAL MOTION (auto compressão com expansão térmica)

FECHAMENTO

ABERTURA

9.11 – TIPOS DE MECANISMOS DE ACIONAMENTO:

9.11.1 – Mecânico mola (baixa / media energia):

A energia para abertura e fechamento do disjuntor é armazenada através da compressão de conjuntos de molas.

9.11.2 – Mecanismo hidráulico (alta energia):

A energia é armazenada em acumuladores através da compressão do nitrogênio por uma coluna de óleo (ex. 336bar).

9.11.3 – Mecanismo pneumático (alta energia):

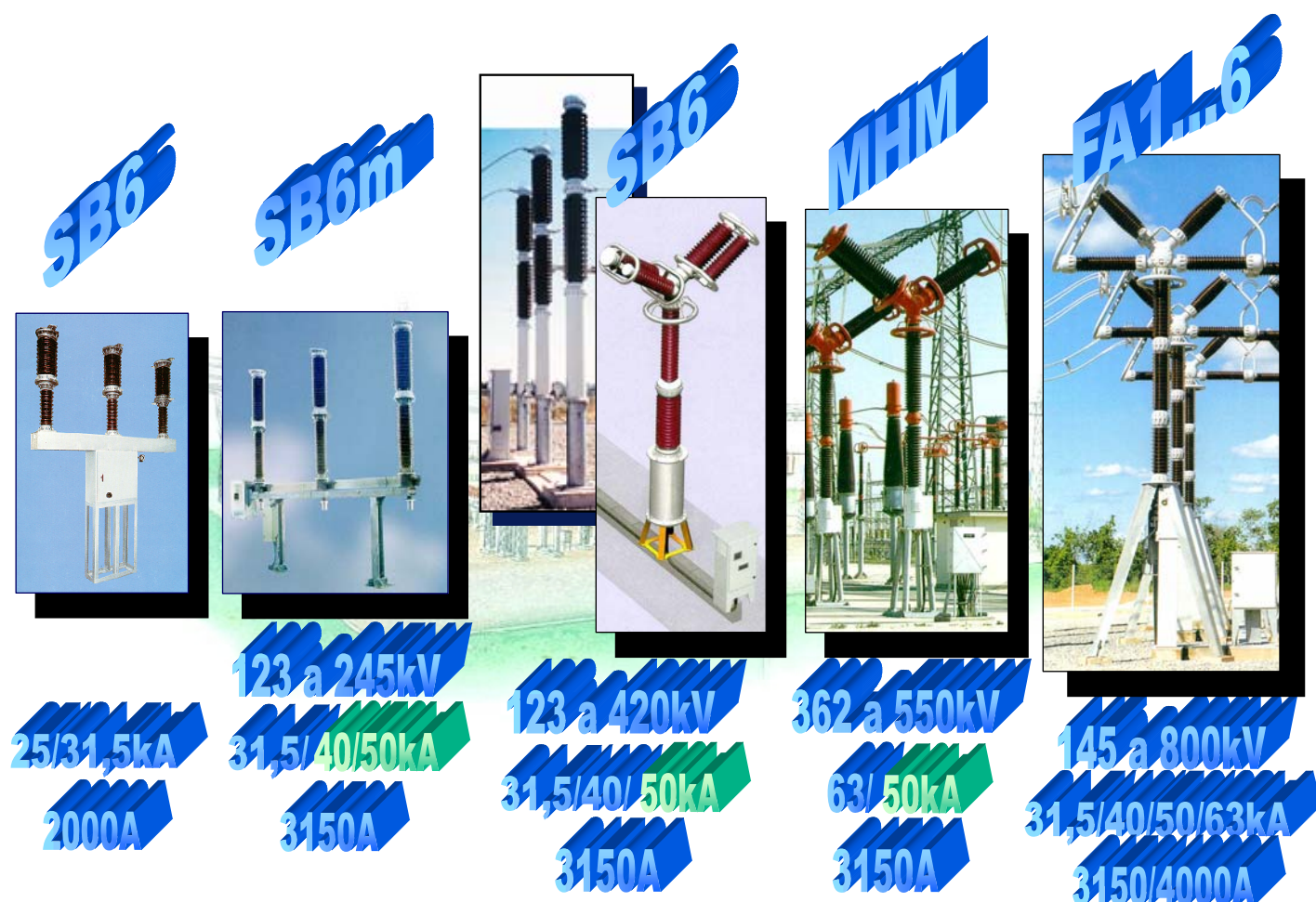
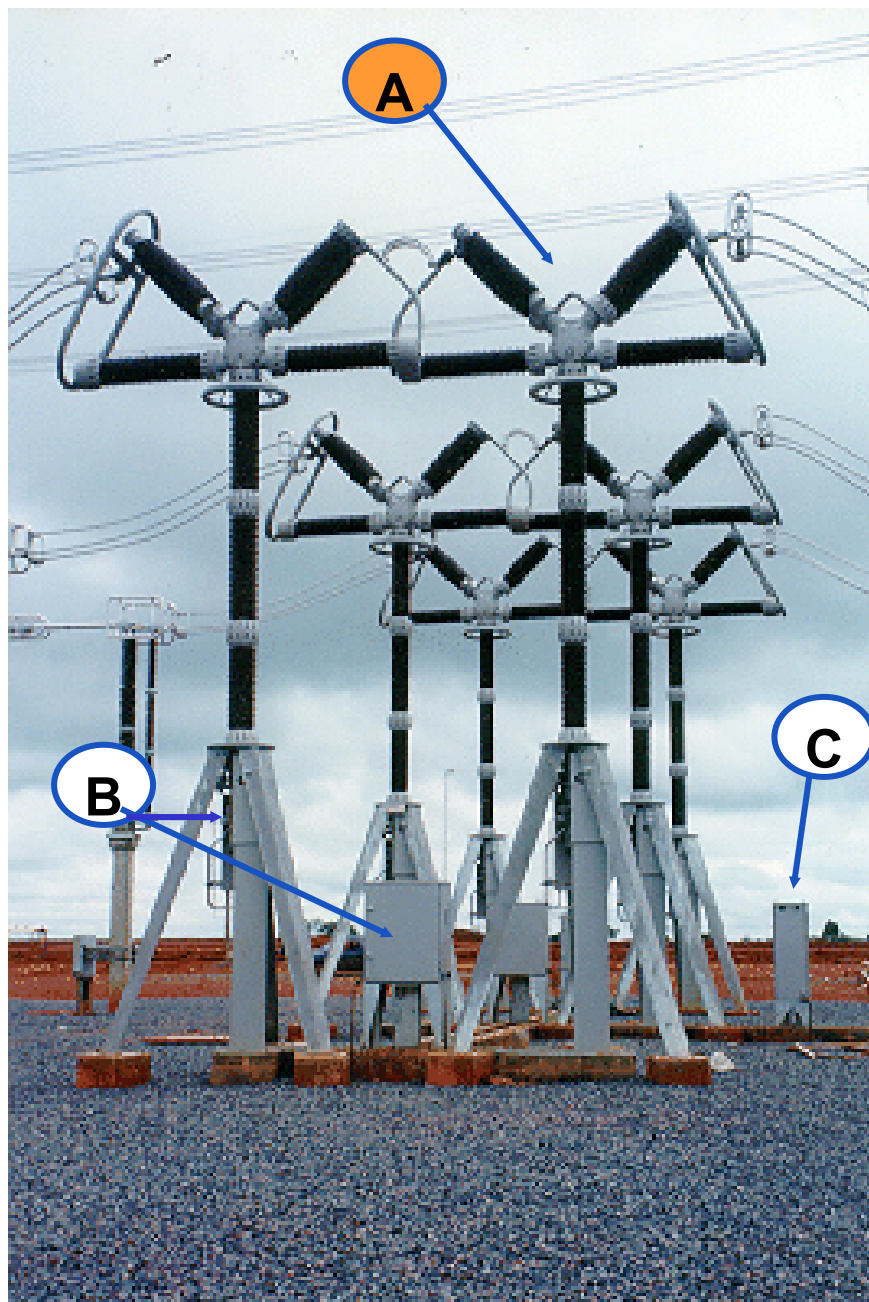
A energia é armazenada em tanques através da compressão de ar seco.

9.11.4 – Mecanismo gás dinâmico (media energia):

Obtém-se a energia para abertura e fechamento do disjuntor através do gás SF6 pressurizado na câmara de extinção.

OBS:

- Os mecanismos de acionamento podem ser tripolar ou unipolar.
- Até 245kV normalmente é tripolar, depende das necessidades do Usuário ou do sistema.
- Acima de 245kV normalmente é unipolar, além do acima exposto a distância entre fases pode influir como fator limitador para comando tripolar.

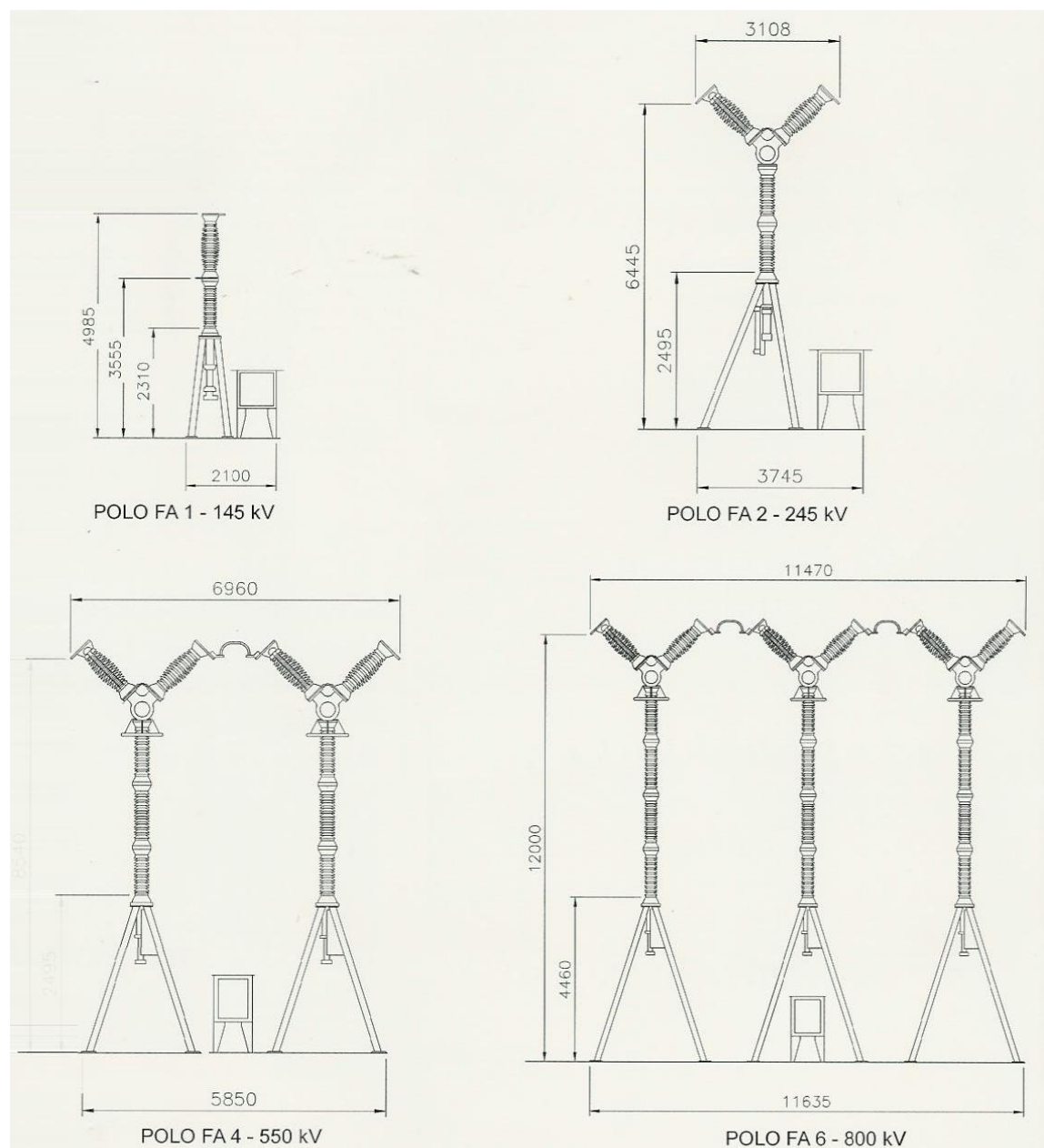
9.12 – DISJUNTORES ALTA TENSÃO GAMA VA TECH:

9.12.1 – Disjuntores Alta Tensão (linha FA) COMPOSIÇÃO:

DISJUNTOR TIPICO:

A – Pólos;

B – Mecanismo de acionamento hidráulico;

C – Painel de comando elétrico.

9.12.2 – Modularidade em Função da Tensão:

Câmaras conectadas em série atuam como divisores de tensão.

9.12.3 – Pólo:

1 – 2 Câmara de interrupção

2 – 2 Capacitor equalizador

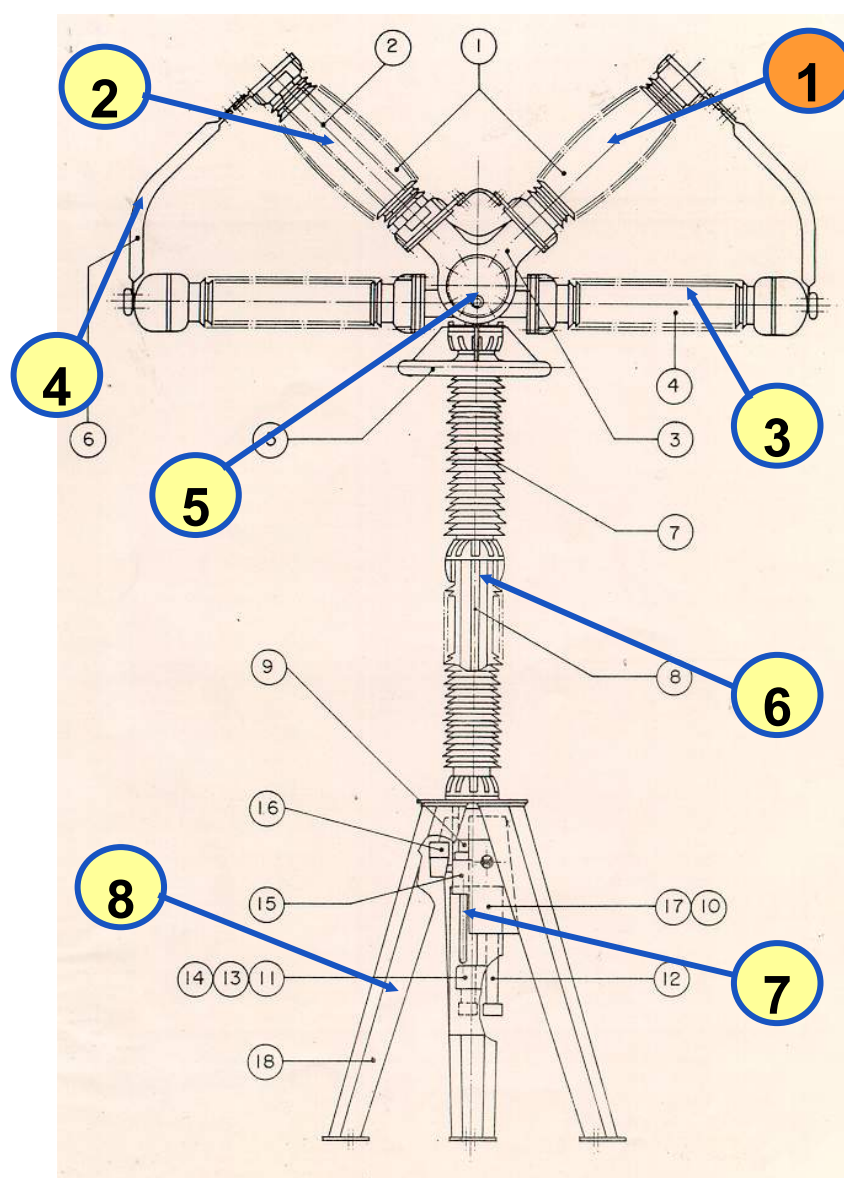
3 – 2 Resistor de pré-inserção

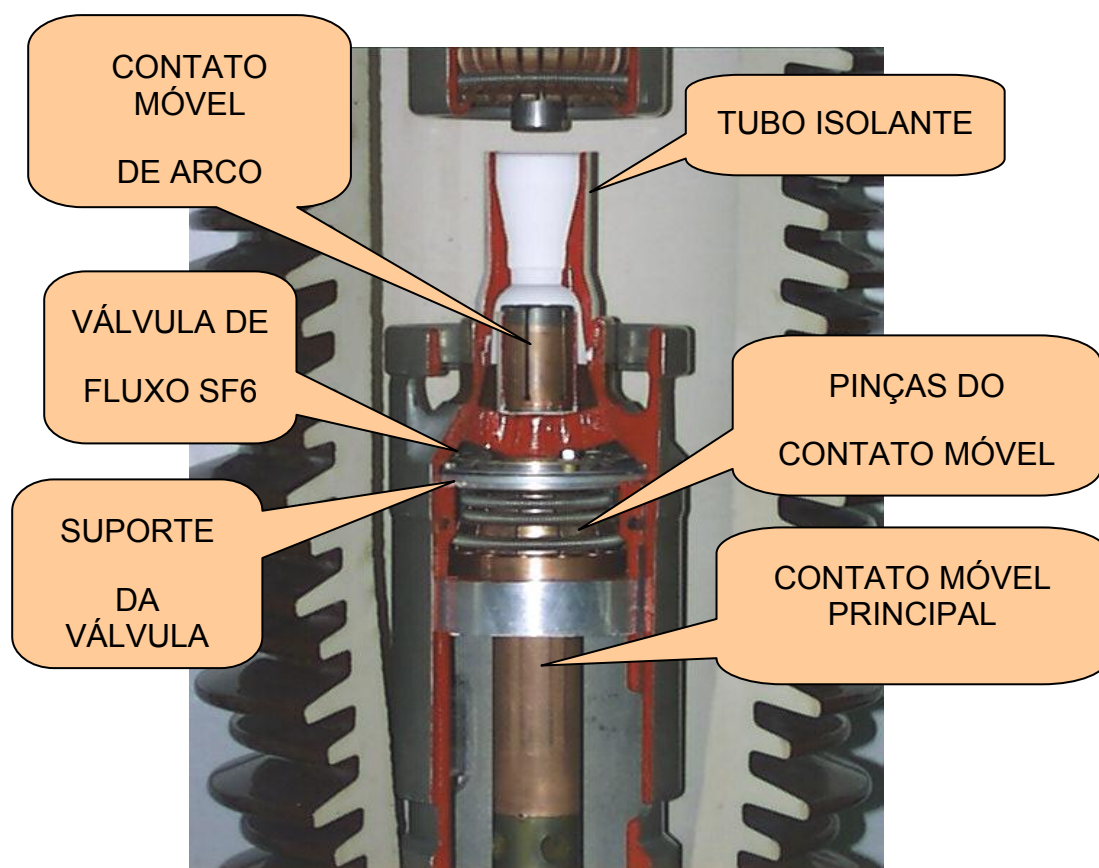
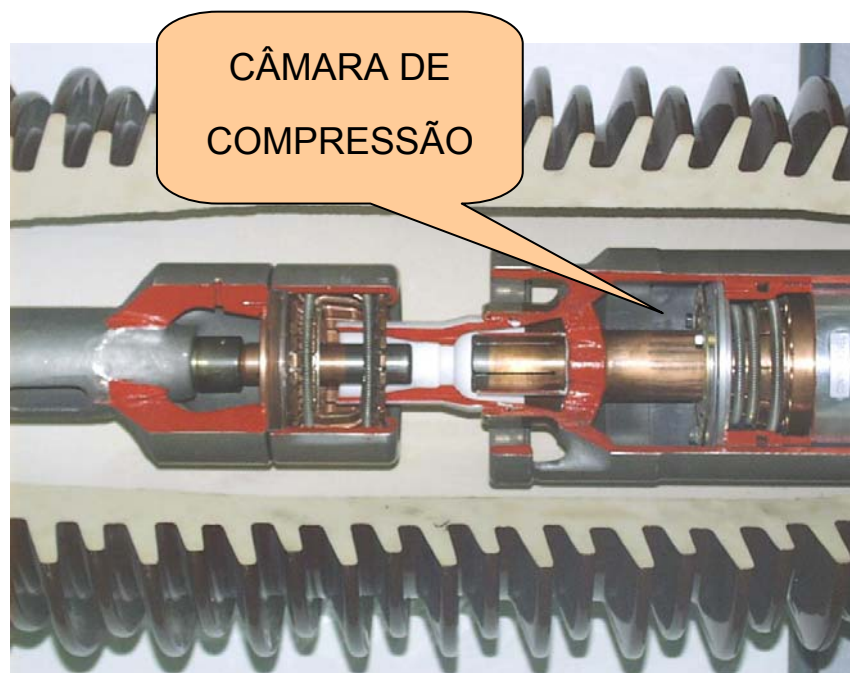
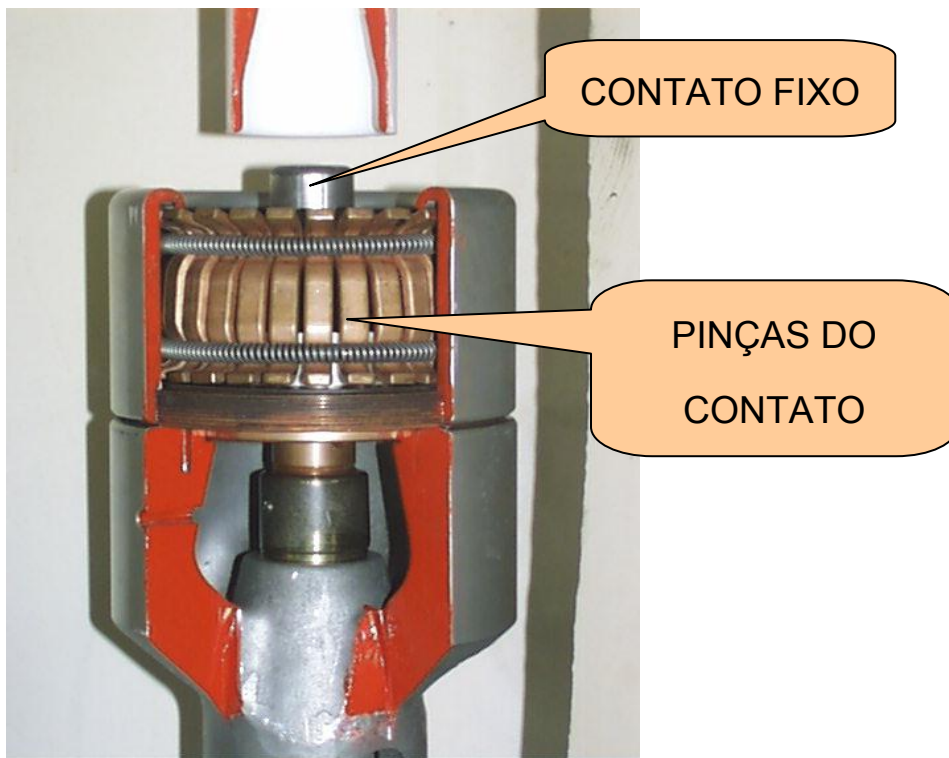
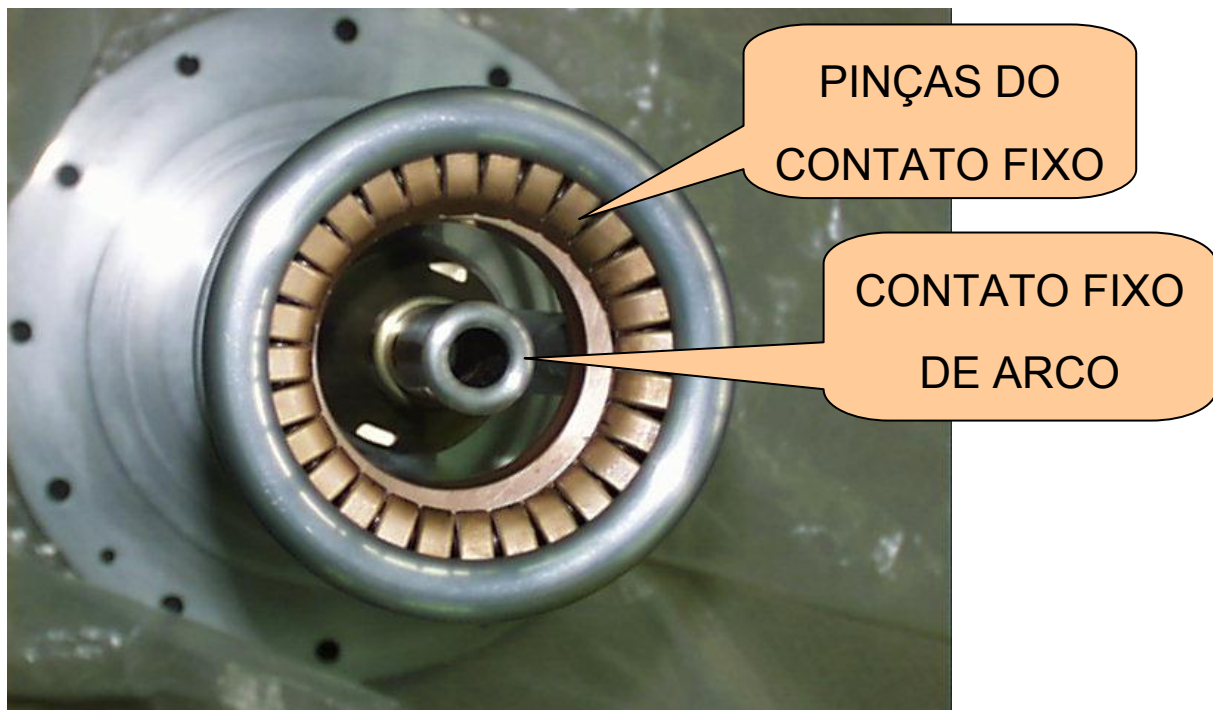
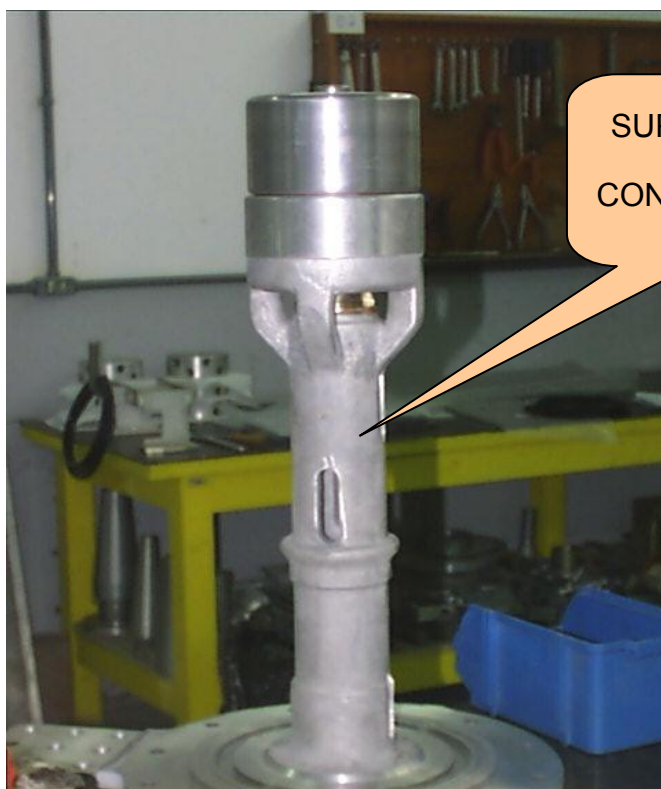
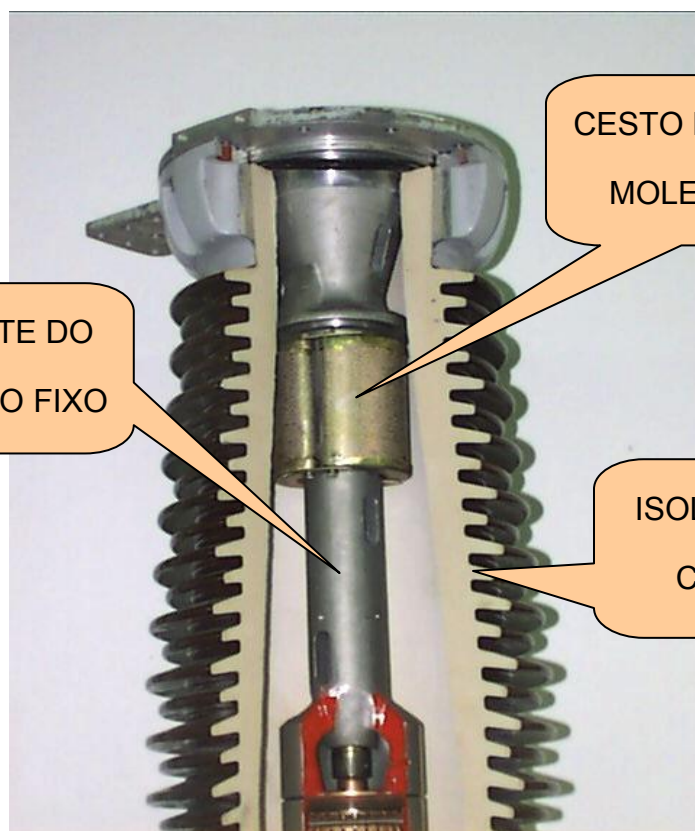
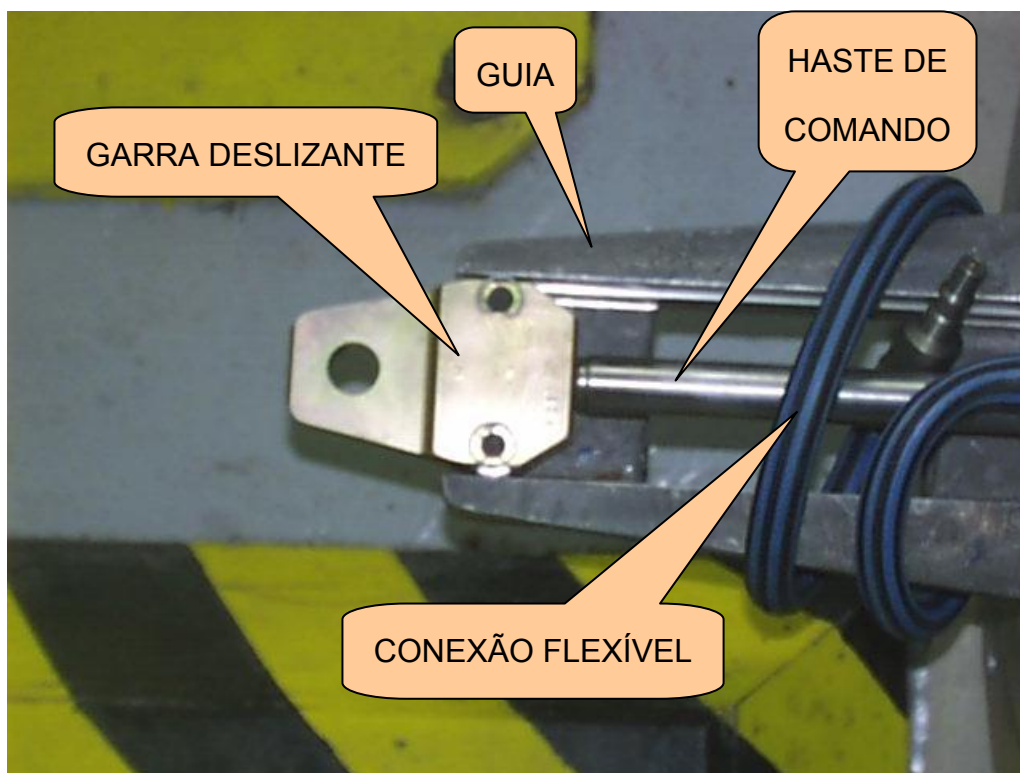
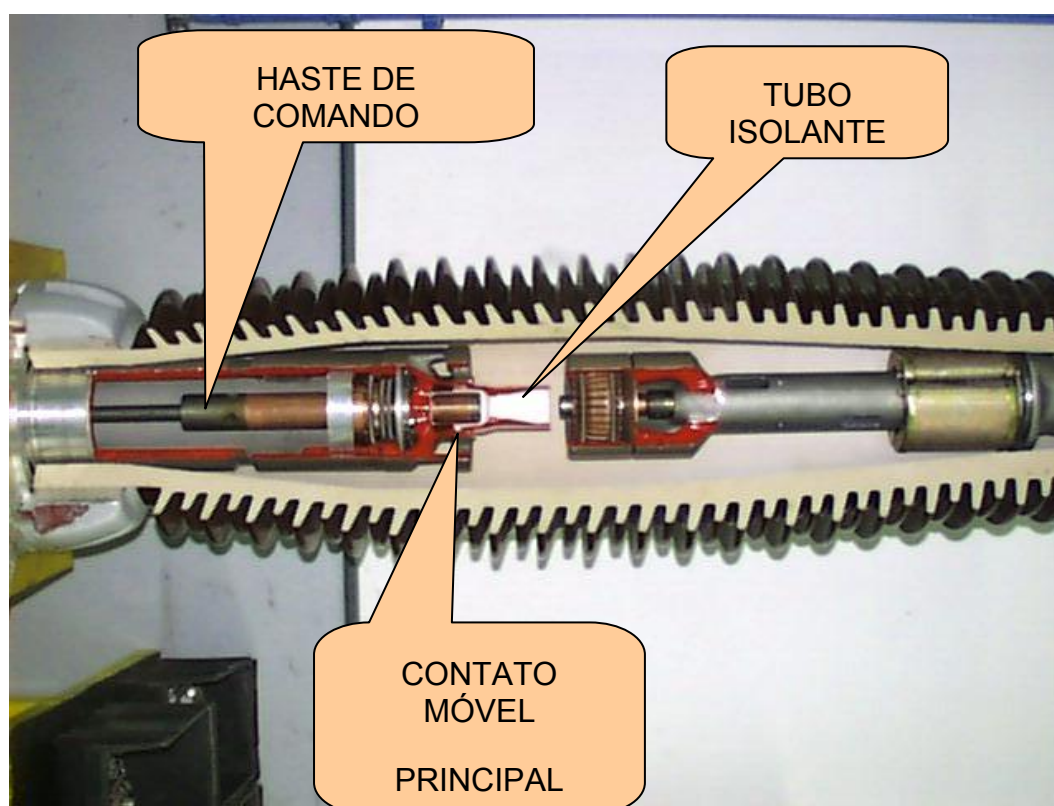
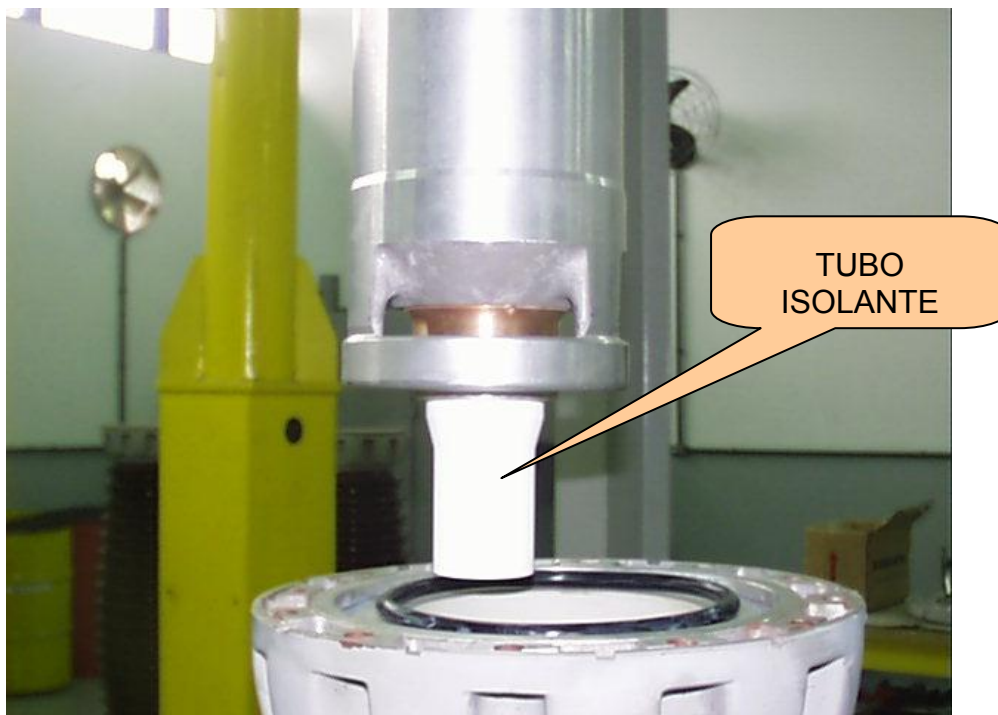
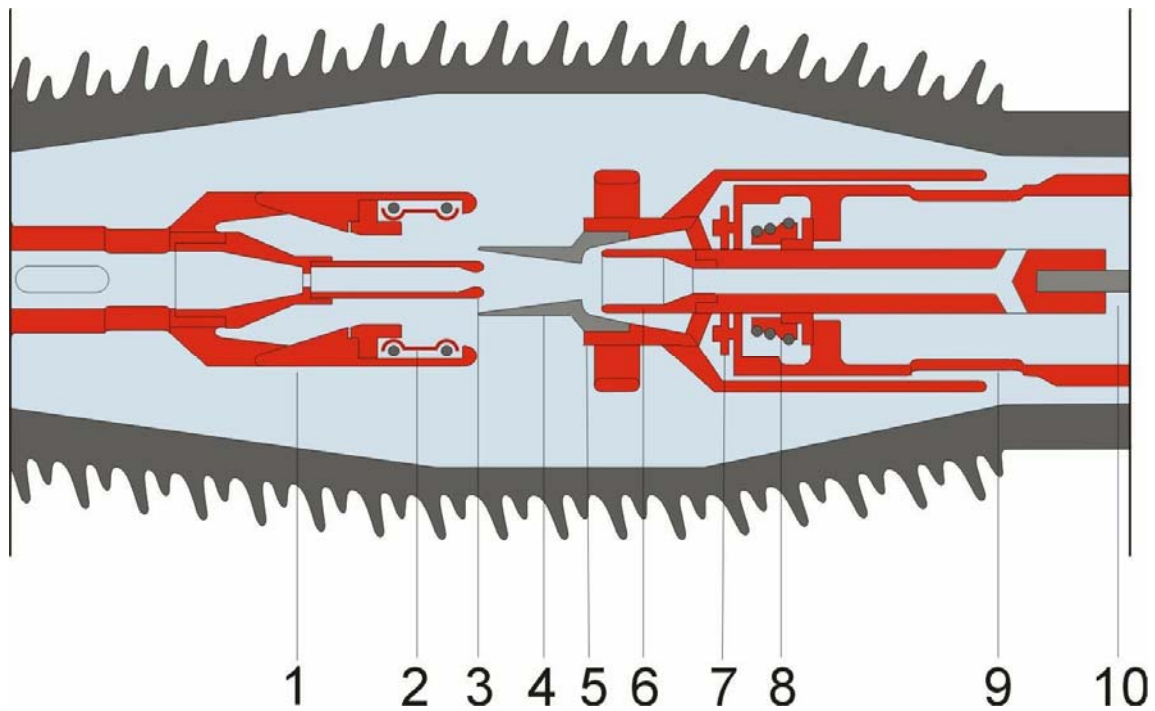
4 - Conexões câmara / resistor

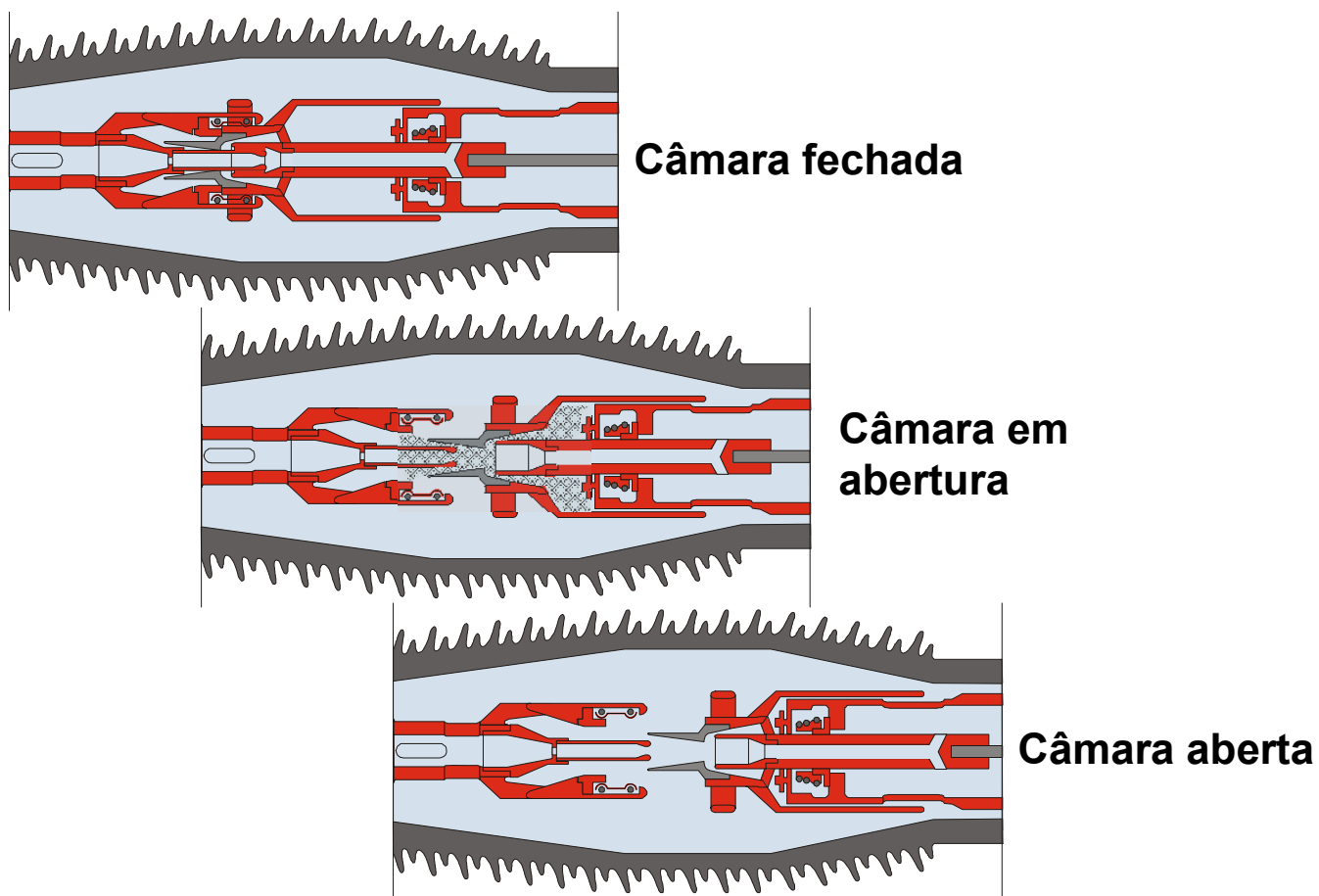
5 - Carter de transmissão

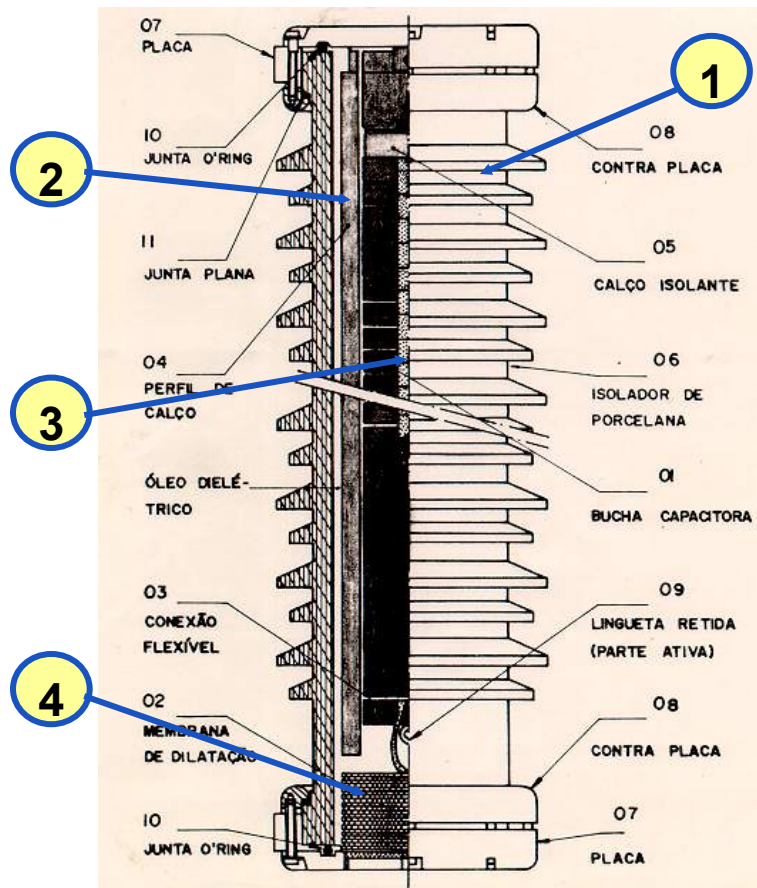
6 - Colunas isolantes

7 – Mecanismos de acionamento hidráulico

8 - Estruturas suporte

ISOLADOR DA CÂMARA

CONJUNTO CILINDRO MÓVEL

CORTE DO CILINDRO MÓVEL

CÂMARA DE COMPRESSÃO

PINÇAS DO CONTATO FIXO

CONTATO FIXO DE ARCO

SUPORTE DO CONTATO FIXO

CESTO DE TAMIS MOLECULAR

GARRA DESLIZANTE

CORTE DA CÂMARA DE CONTATO

TUBO ISOLANTE

1 – Contato fixo
2 – Pinça de contato fixo
3 – Contato de arco fixo
4 – Bocal de sopro isolante
5 – Cont. móvel e cilindro móvel
6 – Contato de arco móvel
7 – Válvula
8 – Pinça do contato móvel
9 – Pistão fixo
10 – Biela de comando da câmara

9.12.4 – Tecnologia de Interrupçào “PUFFER” (AUTO SOPRO):

9.12.5 – Capacitor Equalizador:

1000 a 5000 pF

1 - Isolador de porcelana

2 - Óleo isolante

3 - Elemento capacitivo

4 - Membrana de dilatação

9.12.6 – Resistor de Pre-Inserção:

APLICAÇÕES TÍPICAS (resistor de pré-inserção):

- Limitar as sobretensões provocadas pelo fechamento de linhas em vazio;
- Limitar a corrente de energização de banco de capacitores;
- Limitar a corrente de energização e a componente assimétrica na energização de reatores e transformadores.

A necessidade de resistores de pré-inserção (valores de R e tempo de inserção) depende exclusivamente das características do sistema.

- **Valores resistivos típicos: de 63 a 200Ω**
- **Tempos de pré-inserção típicos: $8^{\pm2}$ms ou $10^{\pm2}$ms (1/2 ciclo)**

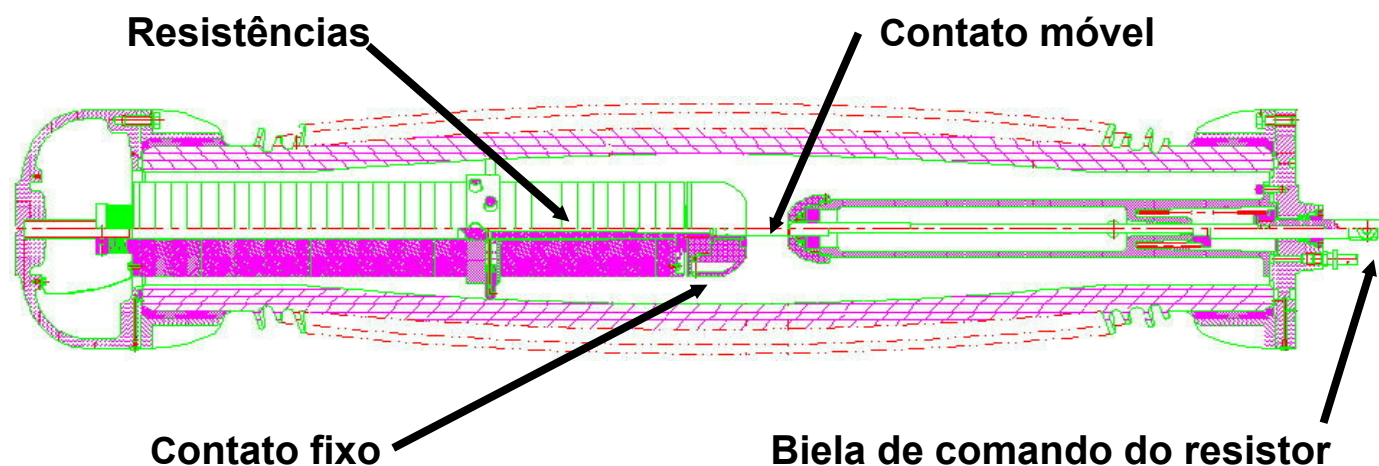
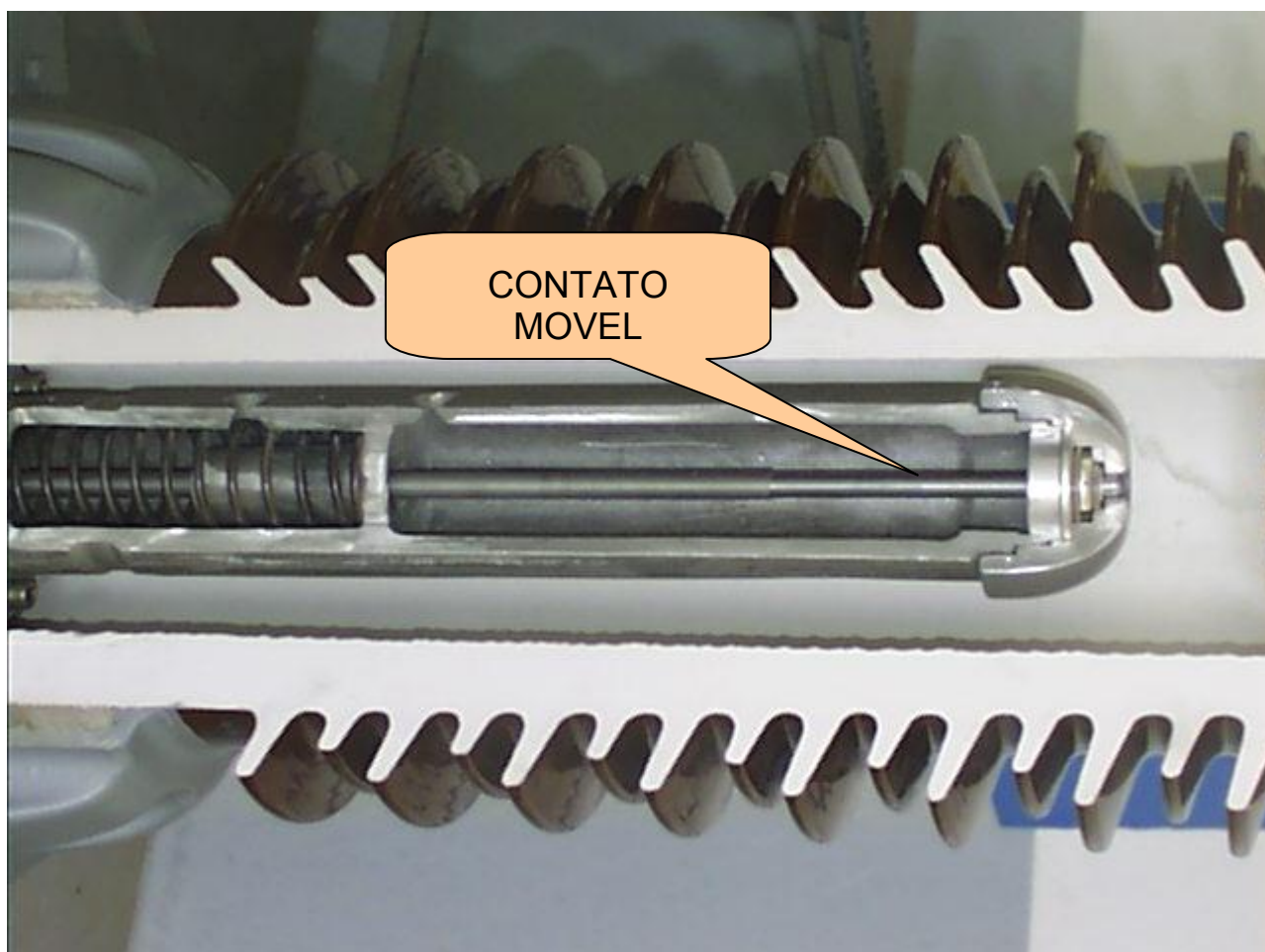
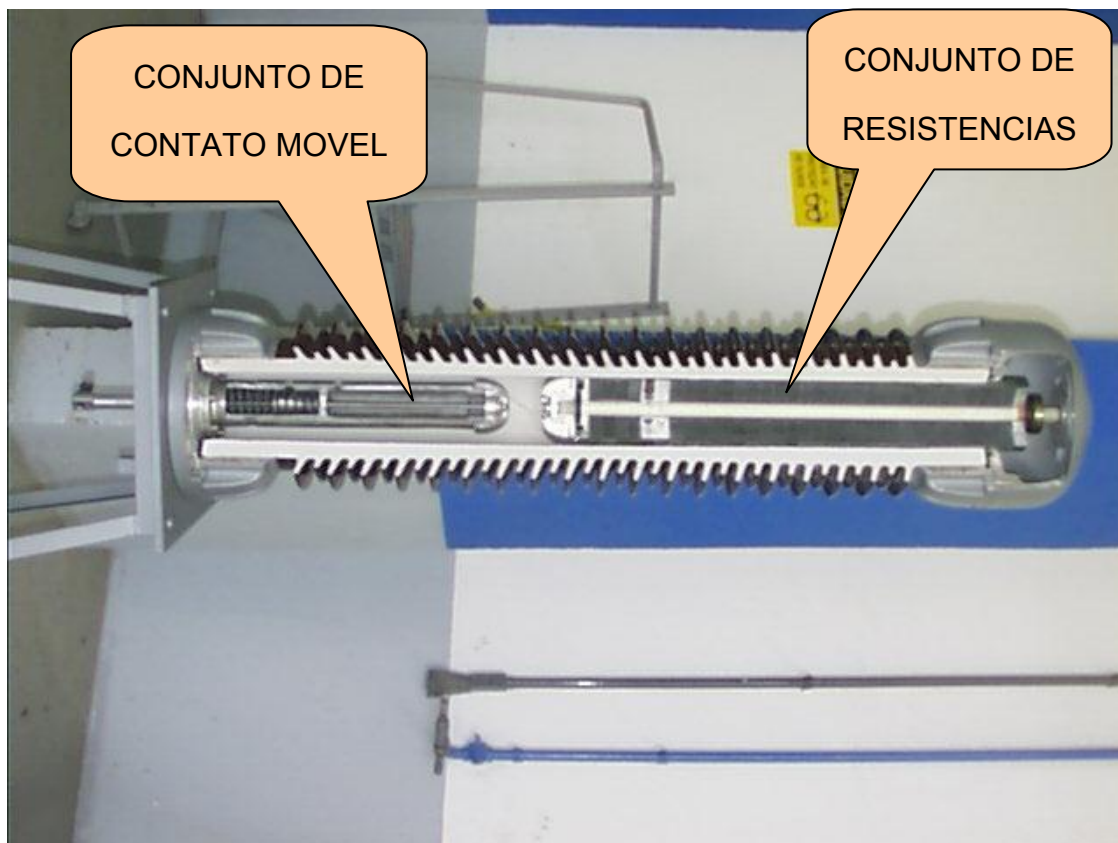
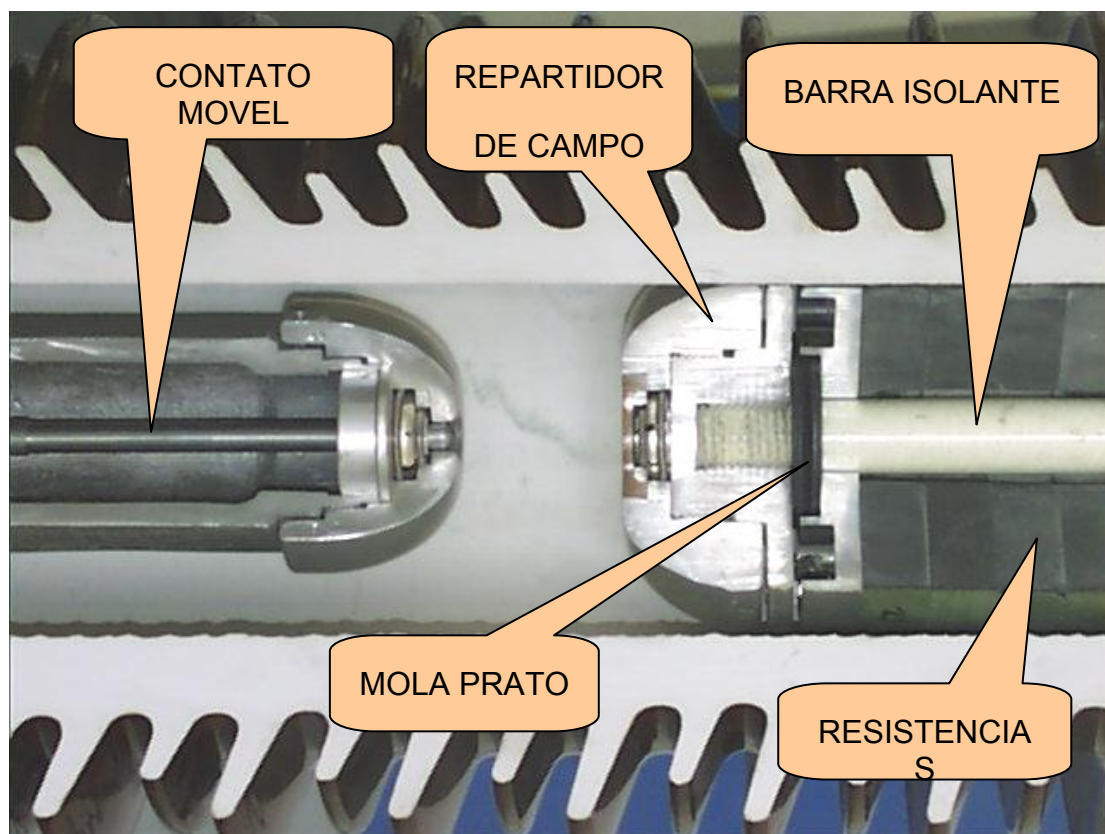
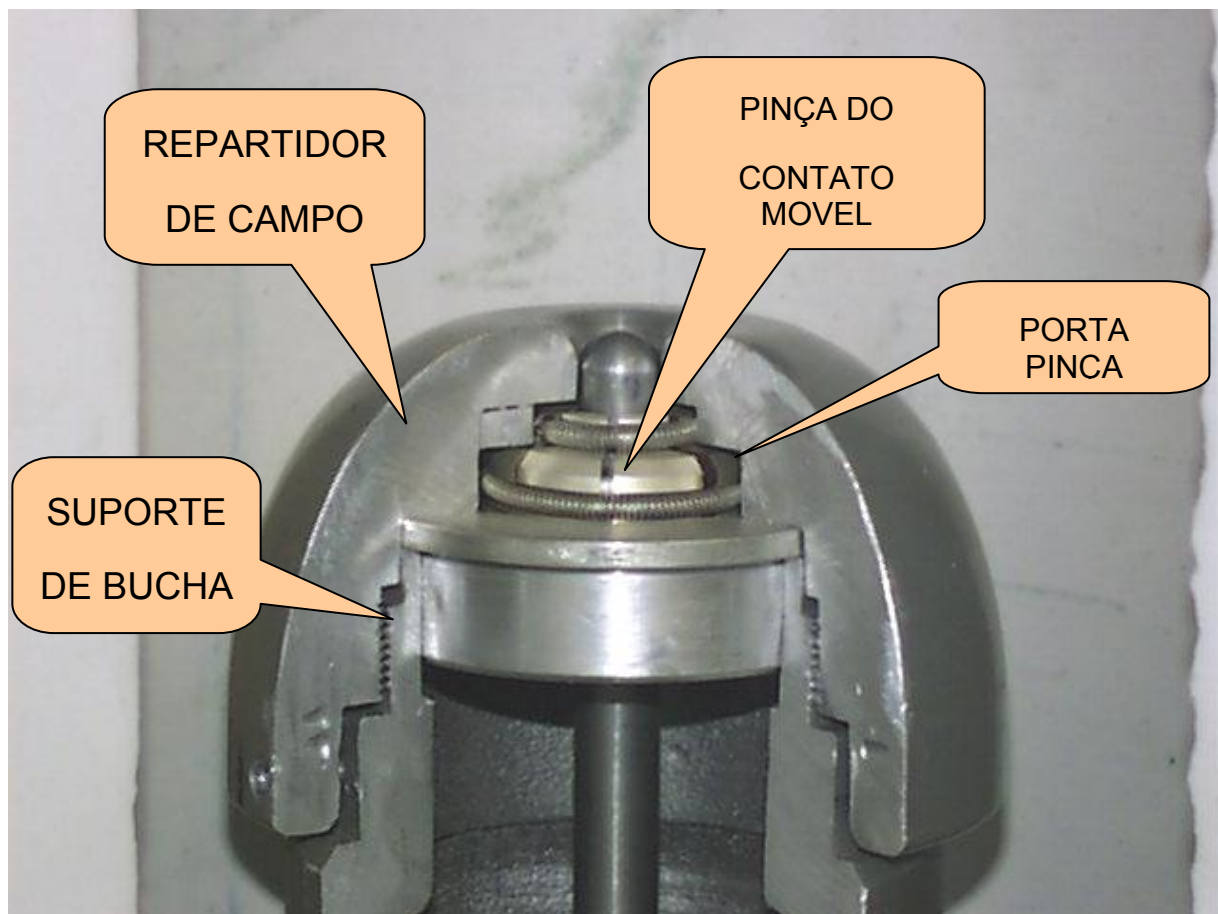
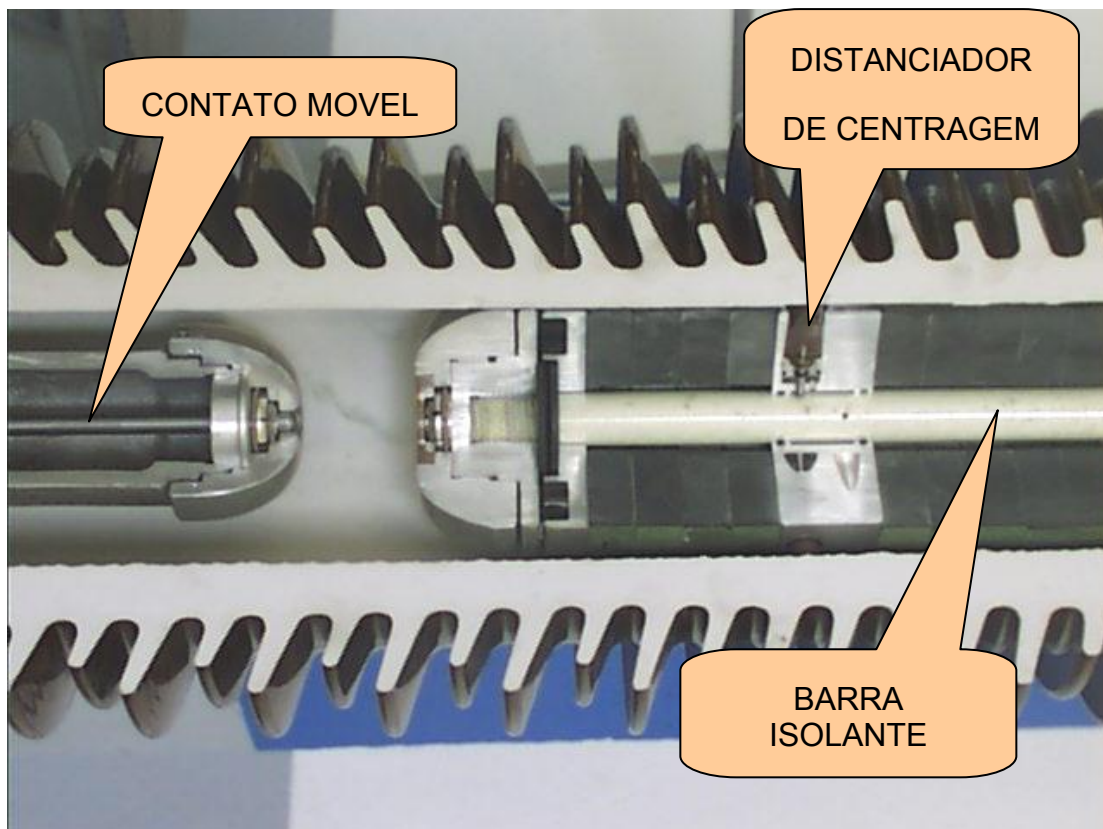
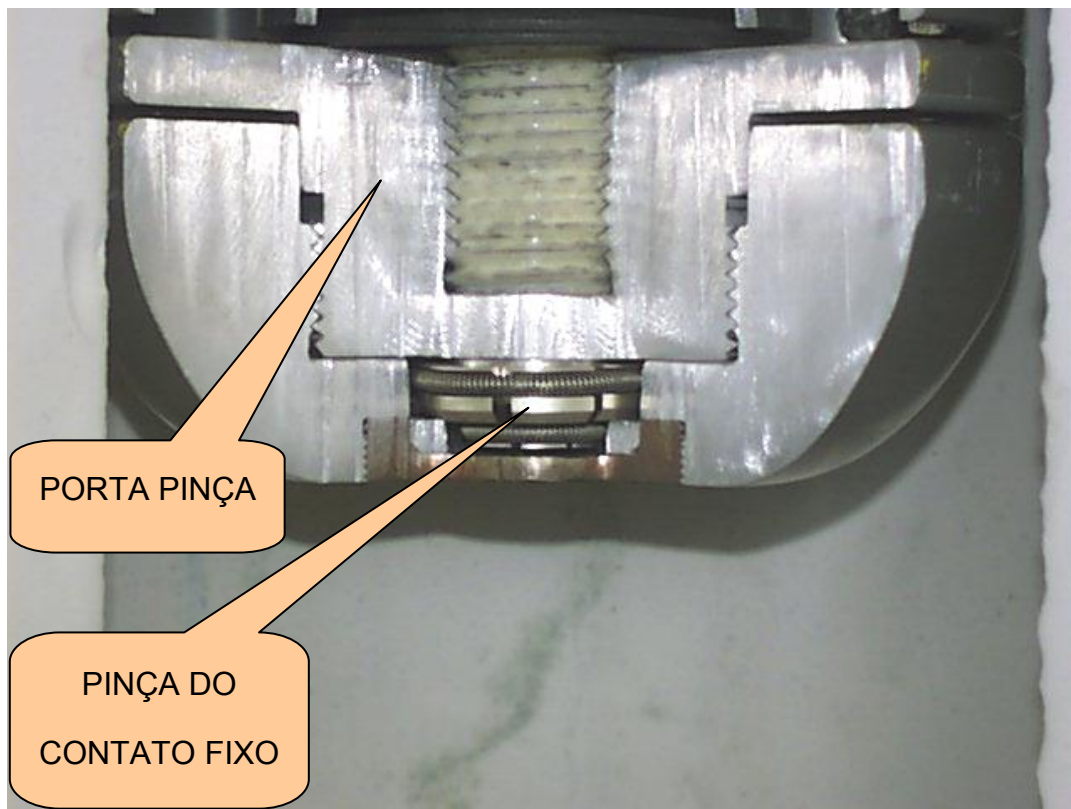
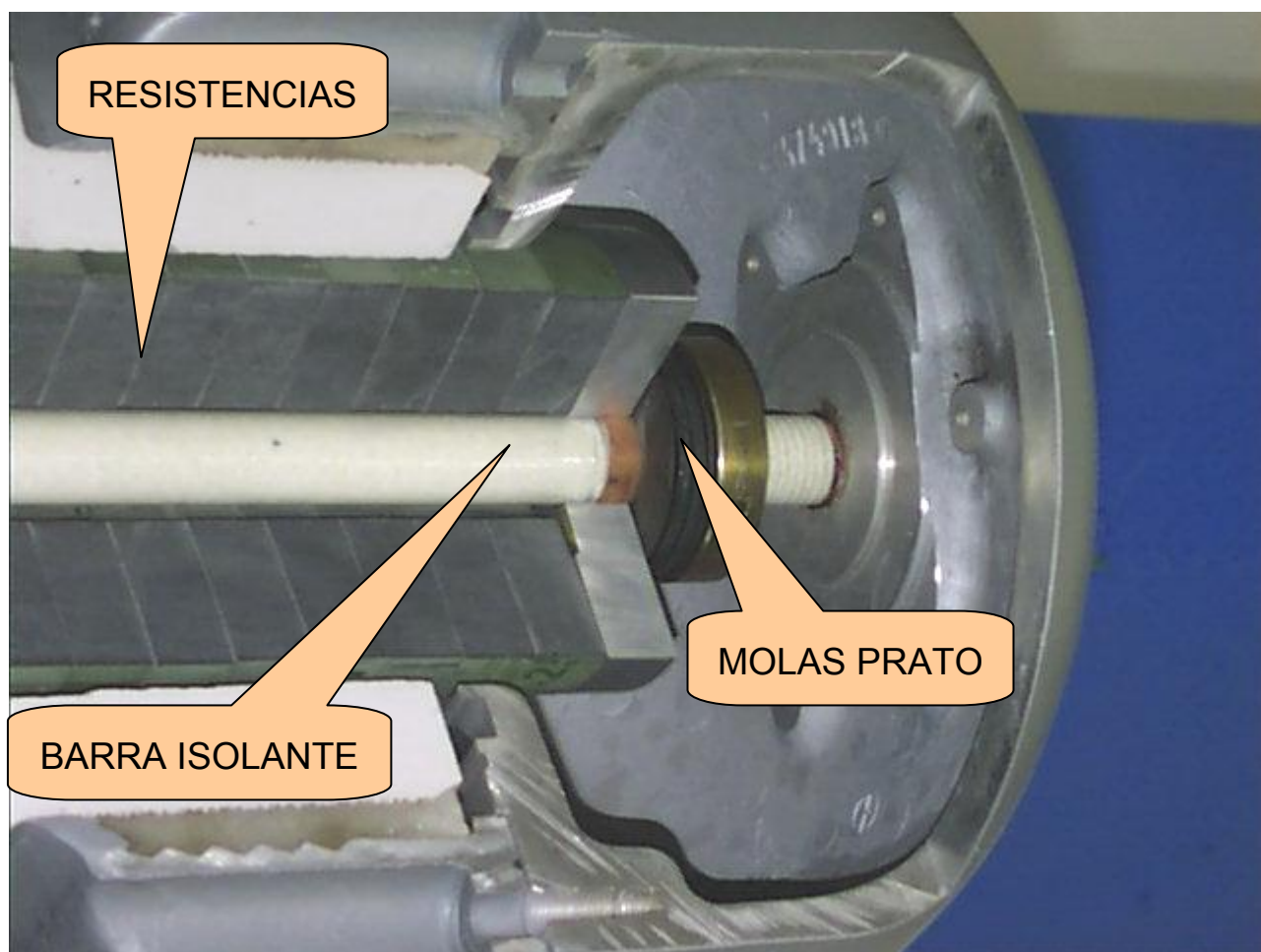
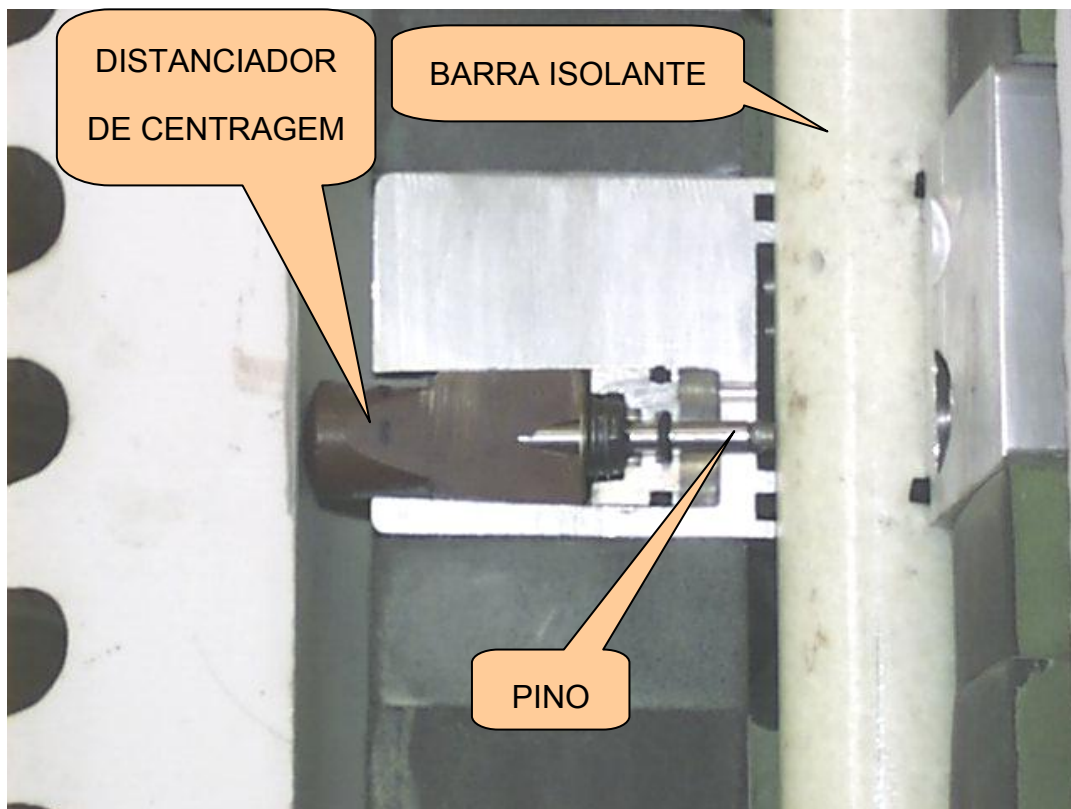
CONTATO
MOVEL

REPARTIDOR DE CAMPO
PINÇA DO CONTATO MOVEL
PORTA PINCA
SUPORTE DE BUCHA

PORTA PINÇA
PINÇA DO
CONTATO FIXO

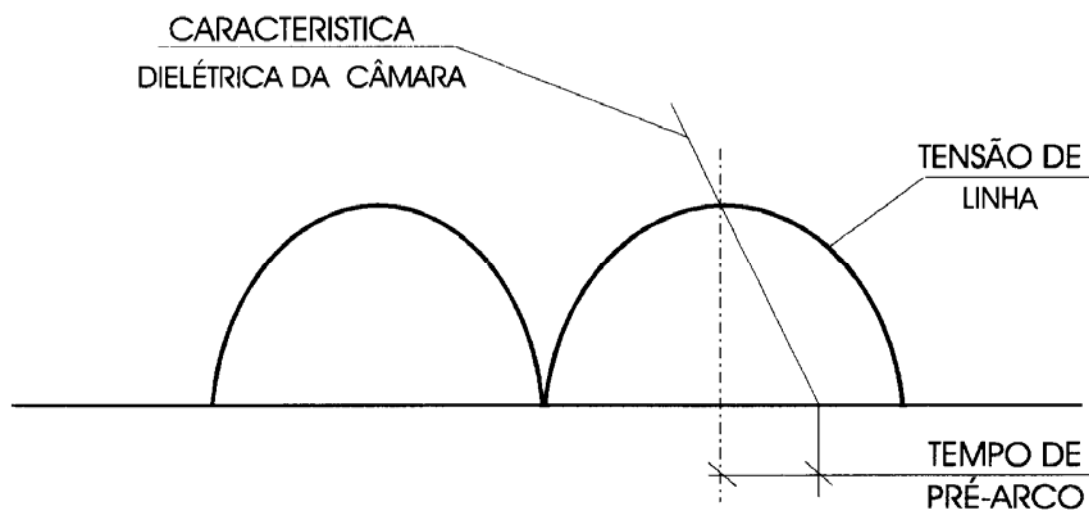
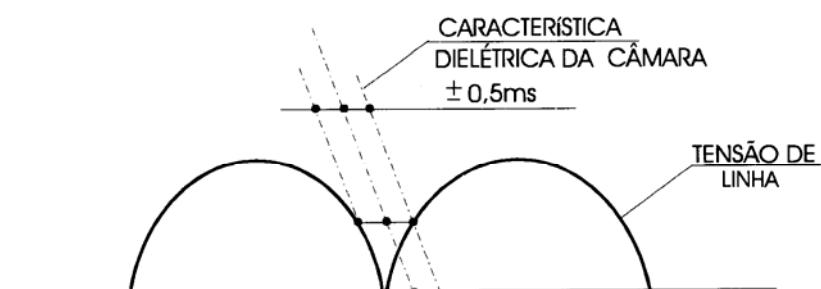
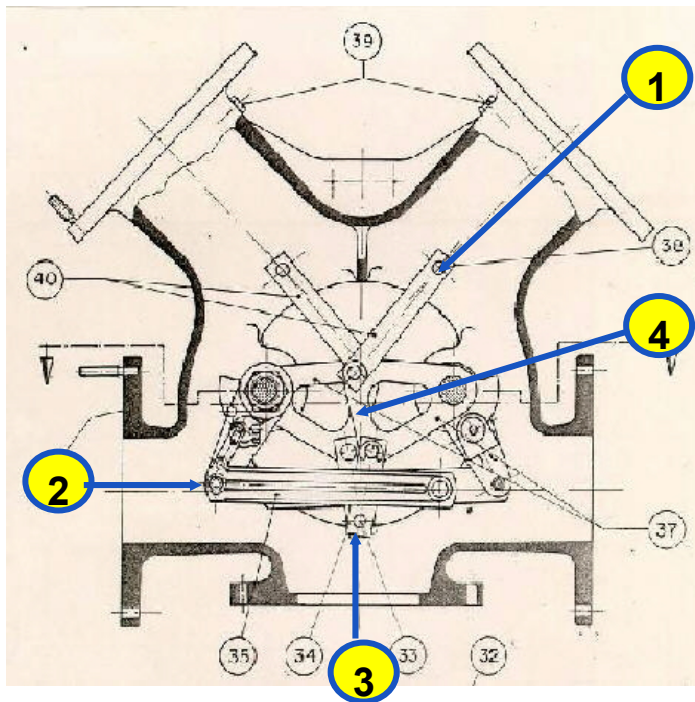
CONTATO MOVEL
DISTANCIADOR
DE CENTRAGEM
BARRA
ISOLANTE

DISTANCIADOR DE CENTRAGEM
BARRA ISOLANTE
PINO

RESISTENCIAS
MOLAS PRATO
BARRA ISOLANTE

9.12.7 – Sincronizador de Fechamento:

- **MANOBRA DE BANCO DE CAPACITORES**
  Limita a corrente de energização

- **MANOBRA DE LINHAS EM VAZIO DESENERGIZADAS**
  Limita as sobretensões de energização

- **MANOBRA DE TRANSFORMADORES OU REATORES**
  Limitar a corrente de energização e a componente assimétrica na energização de reatores e transformadores.

9.12.8 – Carter de Transmissão:

1 – Conexão câmara

2 – Conexão resistor

3 – Conexão biela isolante

4 – Sistema de temporização mecânica (resistor)

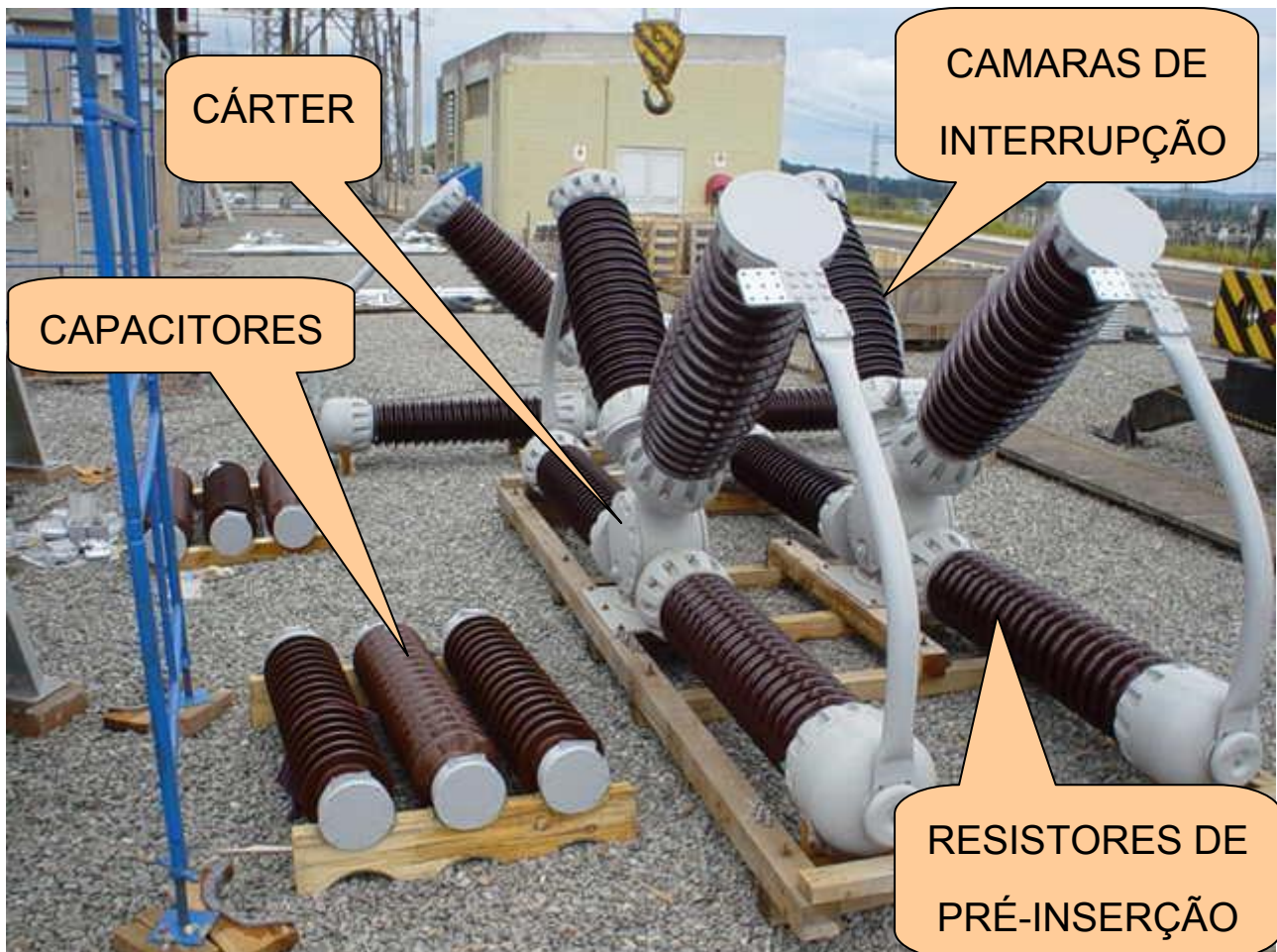
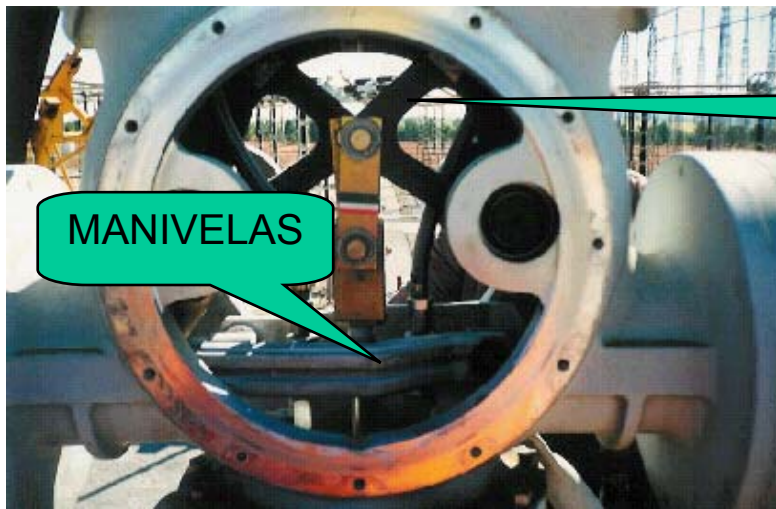
CÁRTER

CAMARAS DE INTERRUPÇÃO

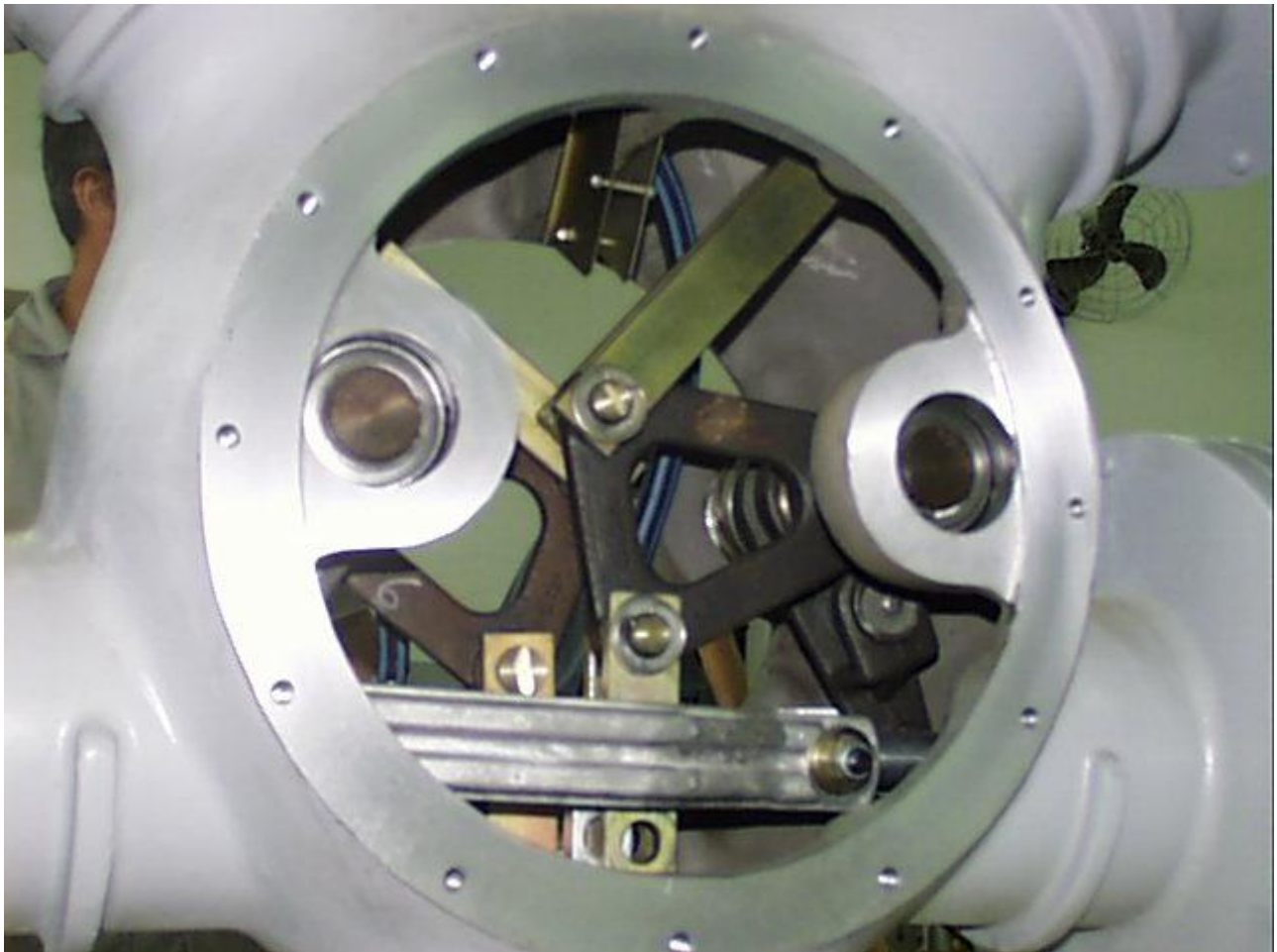
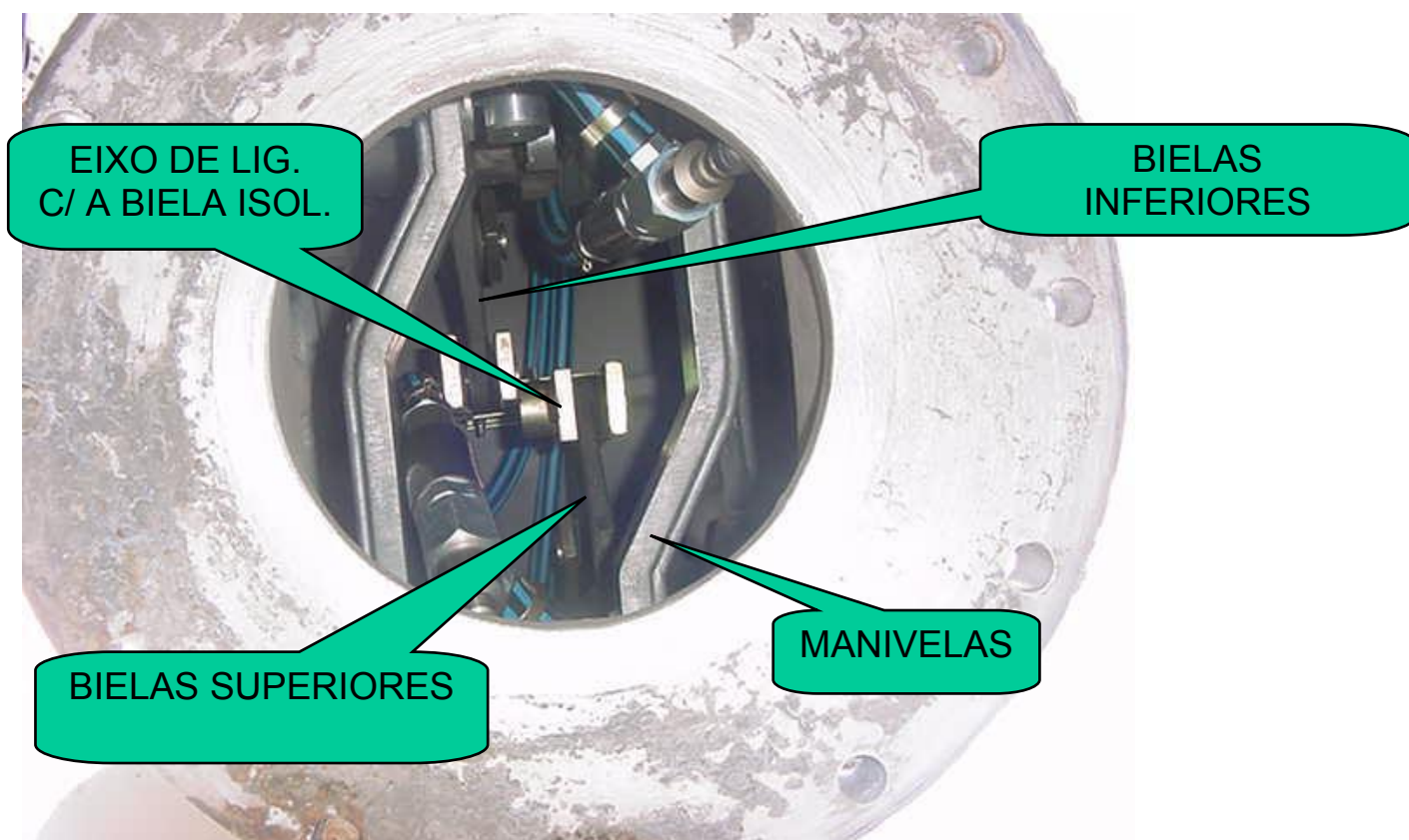
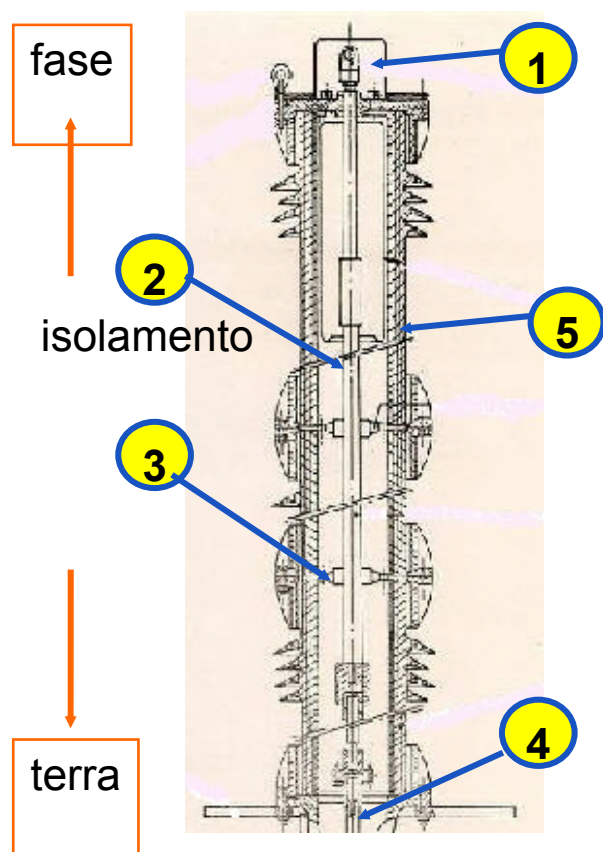
CAPACITORES

RESISTORES DE PRÉ-INSERÇÃO

BIELAS SUPERIORES
MANIVELAS

EIXO DE LIG.
C/ A BIELA ISOL.

BIELAS
INFERIORES

BIELAS SUPERIORES

MANIVELAS

9.12.9 – Coluna Isolante:

1 – Conexão
câmaras / resistores

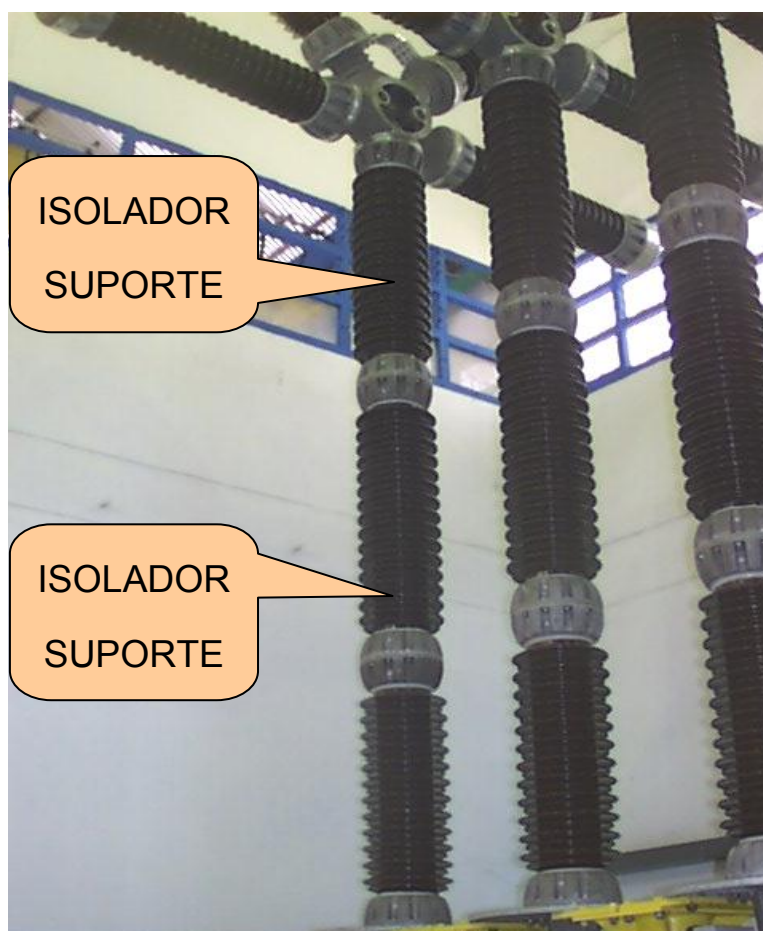
2 – Biela isolante de
acionamento

3 – Guia da biela isolante

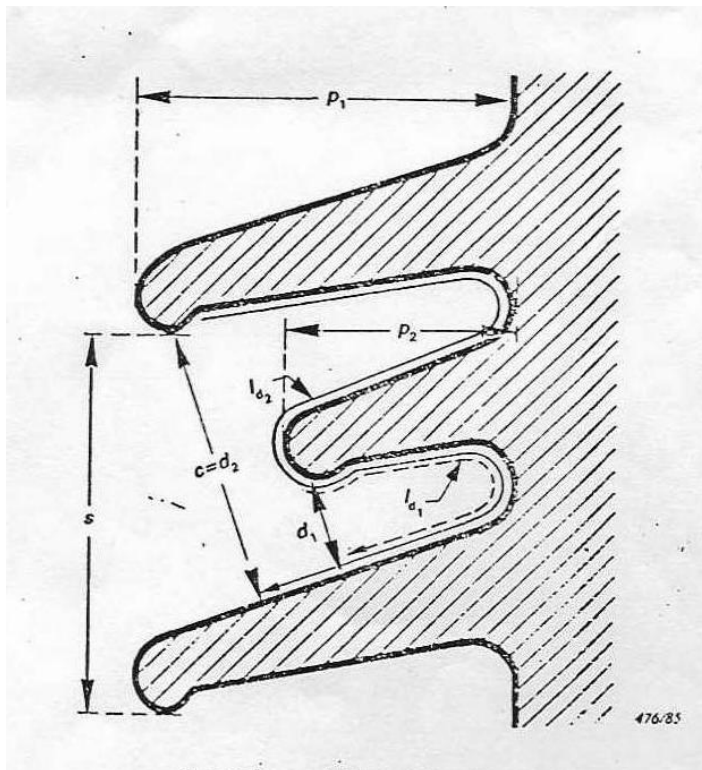
4 – Conexão
mecanismo de acionamento

5 – Isolador porcelana

ISOLADOR SUPORTE
BIELA ISOLANTE

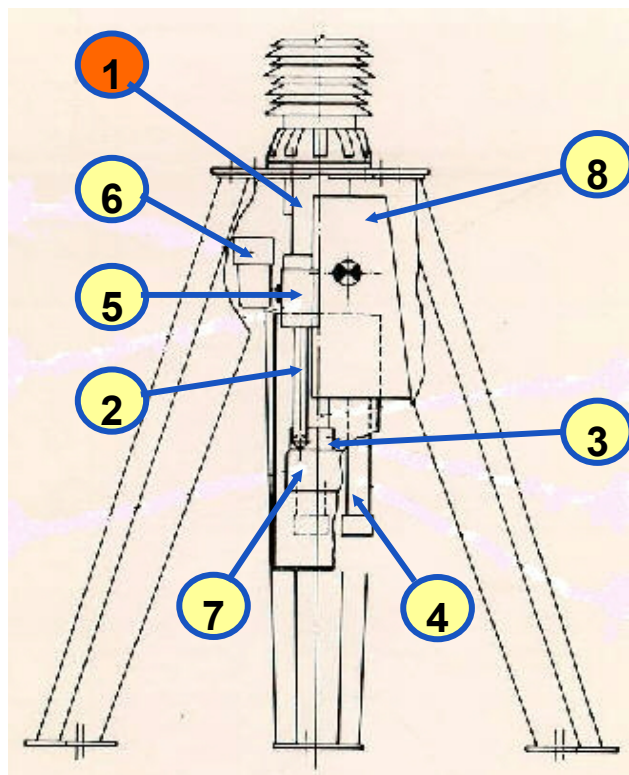
ISOLADOR SUPORTE
ISOLADOR SUPORTE

9.12.10 – Linha de Fuga (efeitos da poluição do meio):

A Linha de Fuga corresponde a distância do contorno do isolador entre fase-terra e/ou entrada-saída da câmara.

A deposição de poluentes e condutores podem provocar uma disrrupção.

A Norma IEC 815, estabelece: distancia / Vn

- Nível 1 - 16mm/kV – leve - áreas não industriais
- Nível 2 – 20mm/kV – média - áreas indust. e/ou próximas ao mar.
- Nível 3 – 25mm/kV – alta - áreas de alta densidade industrial e/ou próximas ao mar com ventos que possam expor a nevoa salina.
- Nível 4 – 31mm/kV – muito alta – áreas industriais com produção de resíduos condutores e/ou próximas ao mar sujeita a intensa nevoa salina.

Para uma mesma Vn, os níveis de poluição podem influir no custo do disjuntor. Quanto maior a linha de fuga mais caro o isolador.

9.12.11 – Mecanismo de Acionamento:

1 – Conjunto de transmissão

2 – Cilindro de acionamento

3 – Rele hidráulico

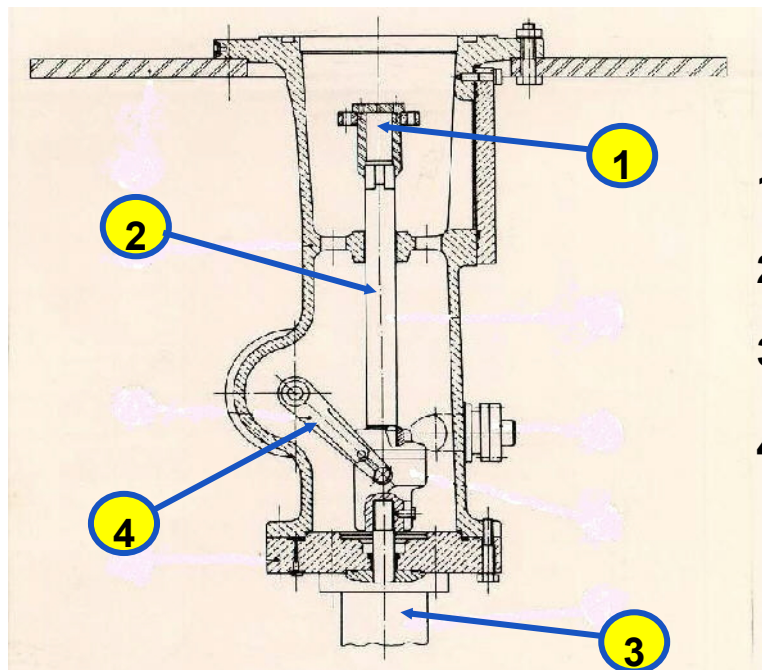
4 – Acumuladores

5 – Tanque de expansão

6 – Densostato gás SF6

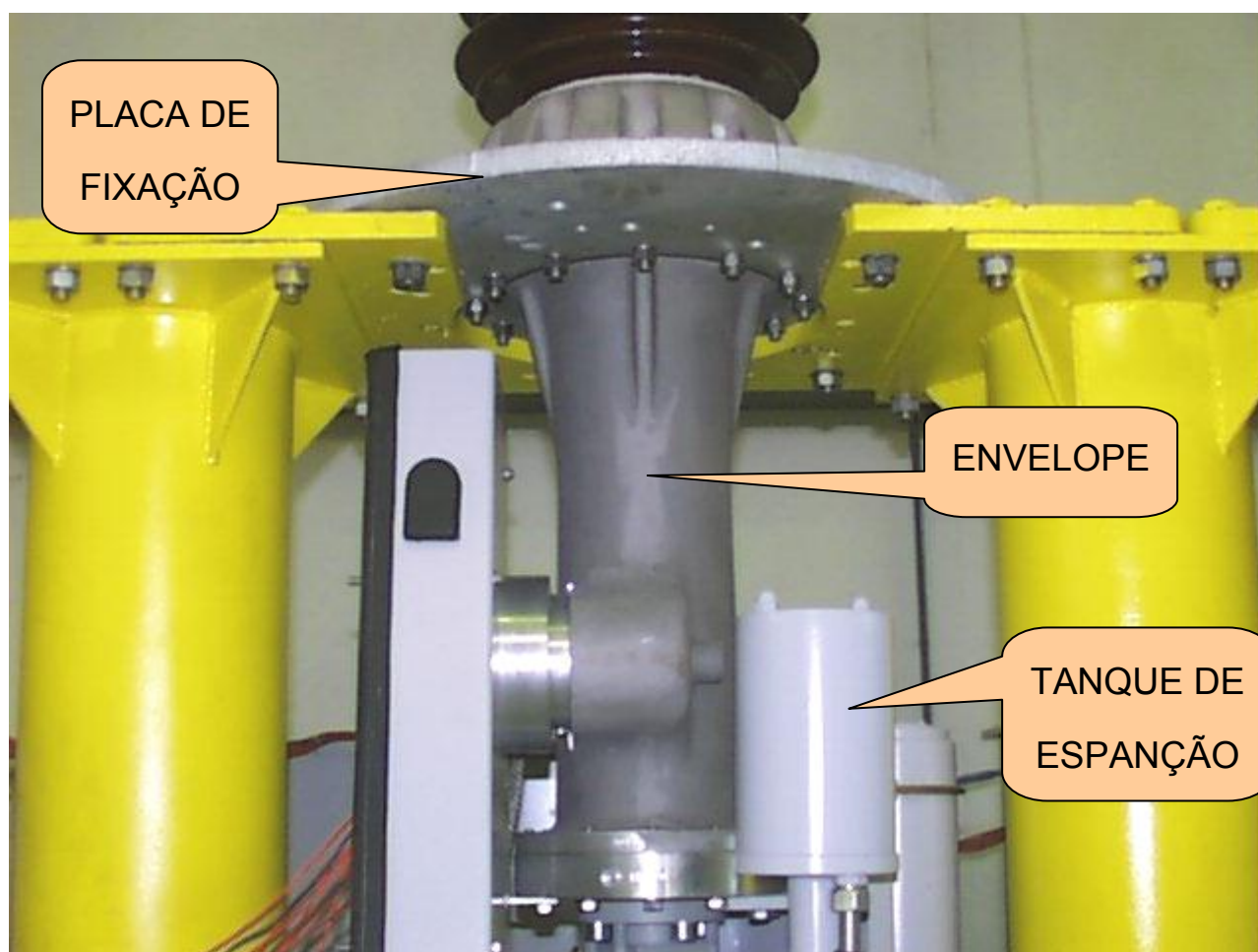
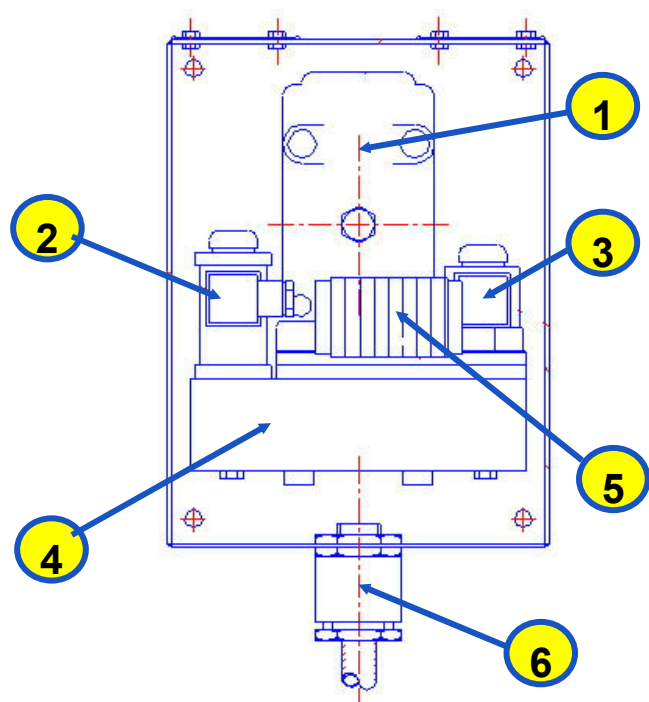
7 – Unidade de comando (eletroválvulas / bobinas)

8 – caixa de contatos auxiliares

9.12.12 – Conjunto de Transmissão:

1 – Conexão biela isolante

2 – Haste de acionamento

3 – Cilindro de acionamento

4 – Biela acionamento contatos auxiliares

9.12.13 – Unidade de Comando (vista inferior):

1 – Rele hidráulico

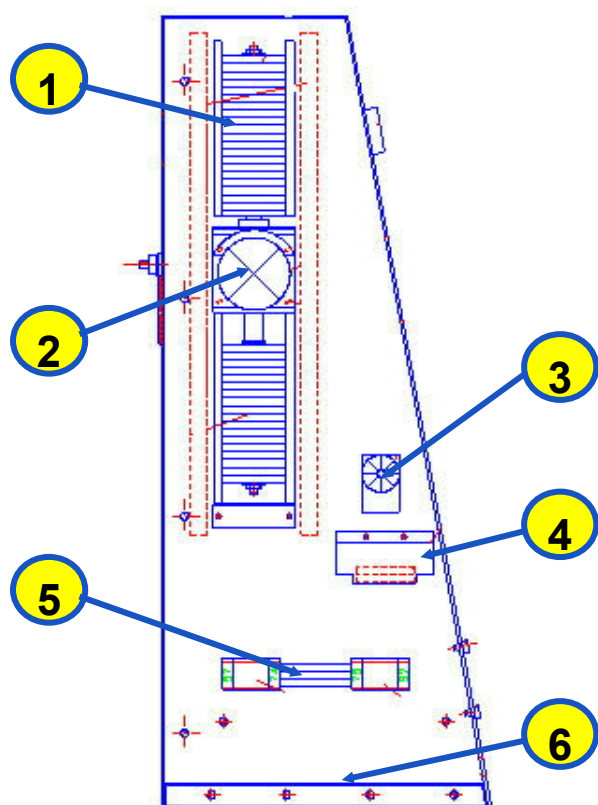
2 – Bobinas de abertura

3 – Bobinas de fechamento

4 – Válvulas de fechamento e abertura

5 – Bornes de interligação

6 – Cabo de interligação

9.12.14 – Caixa de Contatos Auxiliares:

1 – Contatos auxiliares

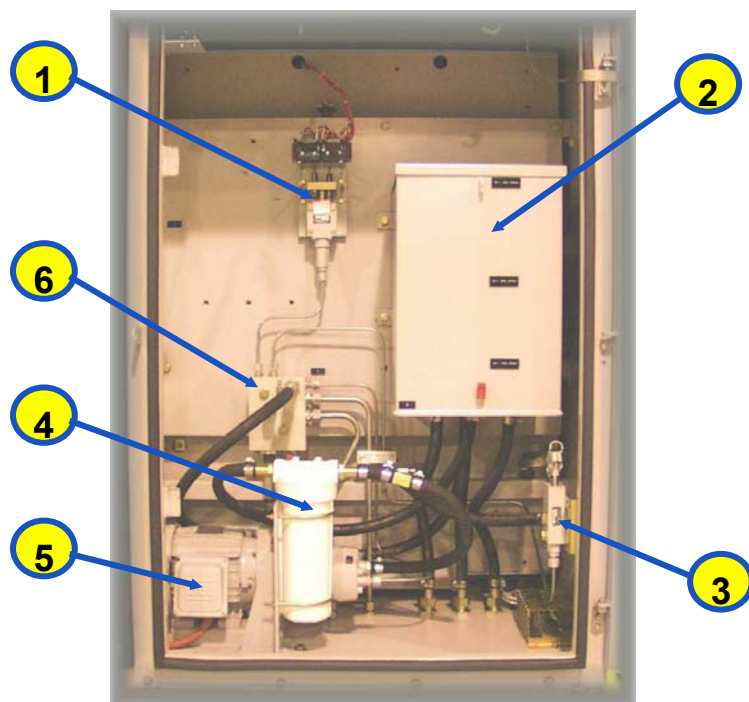
2 – Indicador de posições

3 – Termostato

4 – Aquecimento

5 – Bornes de interligação

6 – Saída de cabos

9.12.15 – Painel de Comando Hidráulico:

1 – Pressostato

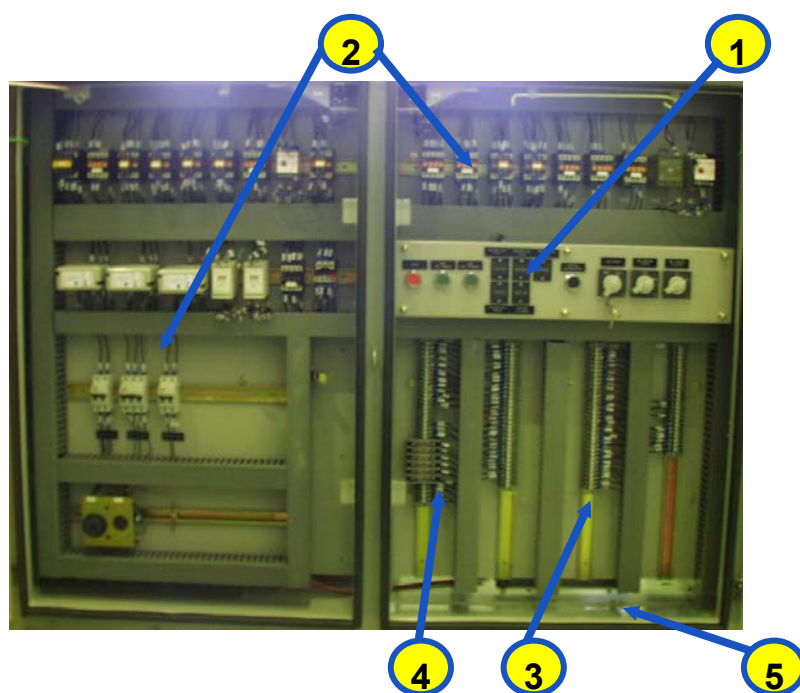
2 – Reservatório

3 – Bomba manual

4 – Filtro

5 – Moto-bomba

6 – CSAF

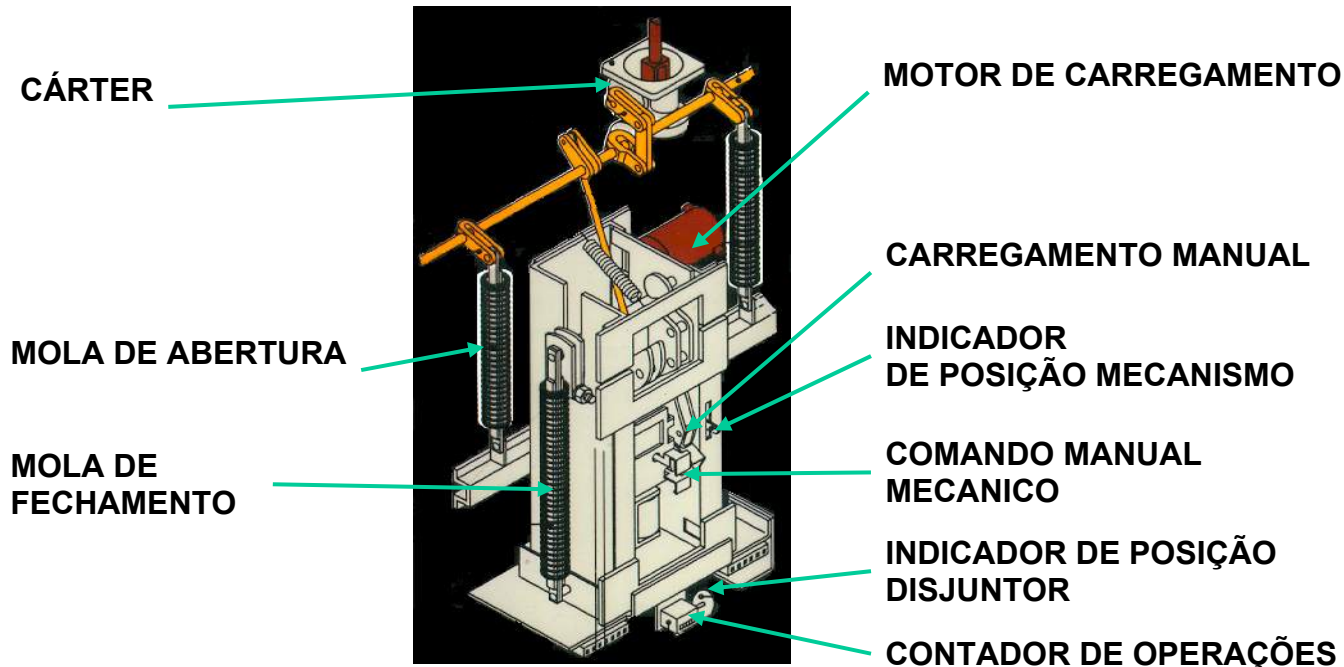
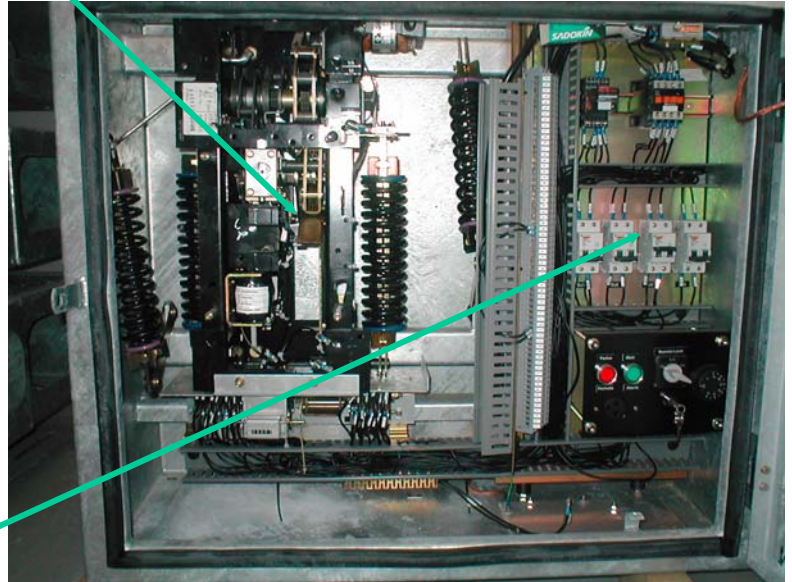
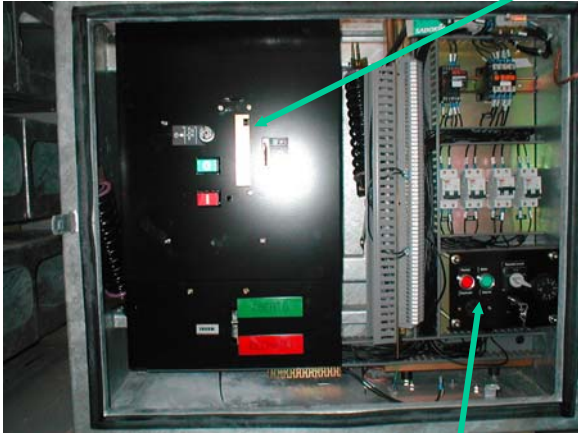
9.12.16 – Painel de Comando Elétrico:

1 – Painel de controle local

2 – Reles e comp. auxiliares

3 – Bornes de interlig. pólos

4 – Bornes de saída

5 – Saída de cabos

9.12.17 – Mecanismo de Acionamento Mecânico Mola:

Mecanismo mecânico mola

Painel de comando elétrico

10- FATOR DE POTÊNCIA E CAPACITORES:

A Correção do fator de potência através, principalmente, da instalação de capacitores tem sido alvo de muita atenção das áreas de projeto, manutenção e finanças de empresas interessadas em racionalizar o consumo de seus equipamentos elétricos. Objetivando aperfeiçoar o uso da energia elétrica gerada no país, o extinto DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica), atualmente com a denominação de ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), através do Decreto Nº 479 de 20 de março de 1992 estabeleceu que o fator de potência mínimo deve ser 0,92.

Com o avanço da tecnologia e com o aumento das cargas não lineares nas instalações elétricas, a correção do fator de potência passa a exigir alguns cuidados especiais.

10.1 – FATOR DE POTÊNCIA:

10.1.1 – Conceitos Básicos:

A maioria das cargas das unidades consumidoras consome energia reativa indutiva, tais como: motores, transformadores, reatores para lâmpadas de descarga, fornos de indução, entre outros. As cargas indutivas necessitam de campo eletromagnético para seu funcionamento, por isso sua operação requer dois tipos de potência:

- **Potência ativa**: Potência que efetivamente realiza trabalho gerando calor, luz, movimento, etc. É medida em kW.

A fig. 1 mostra uma ilustração disto.

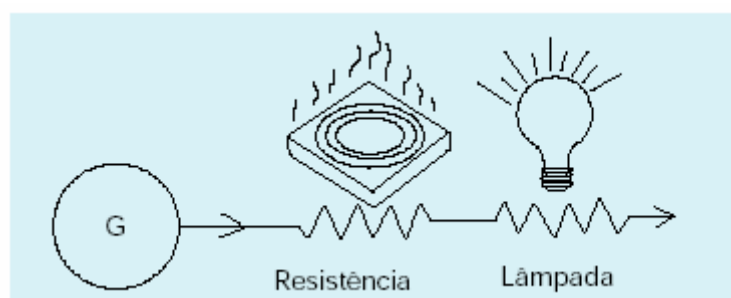



Fig. 1 - Potência ativa (kW)

- **Potência reativa**: Potência usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. É medida em kvar.

A fig. 2 ilustra esta definição.

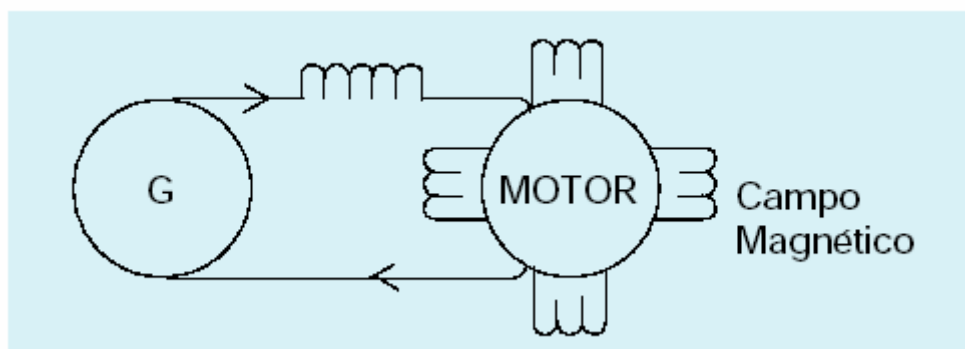



Fig. 2 - Potência reativa (kvar)

Assim, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a potência reativa, além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um espaço no sistema elétrico que poderia ser utilizado para fornecer mais energia ativa.

Definição de Fator de Potência: o fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente. Ele indica a eficiência do uso da energia. Um alto fator de potência indica uma eficiência alta e inversamente, um fator de potência baixo indica baixa eficiência energética.

Um triângulo retângulo é frequentemente utilizado para representar as relações entre kW, kvar e kVA, conforme a Fig. 3.

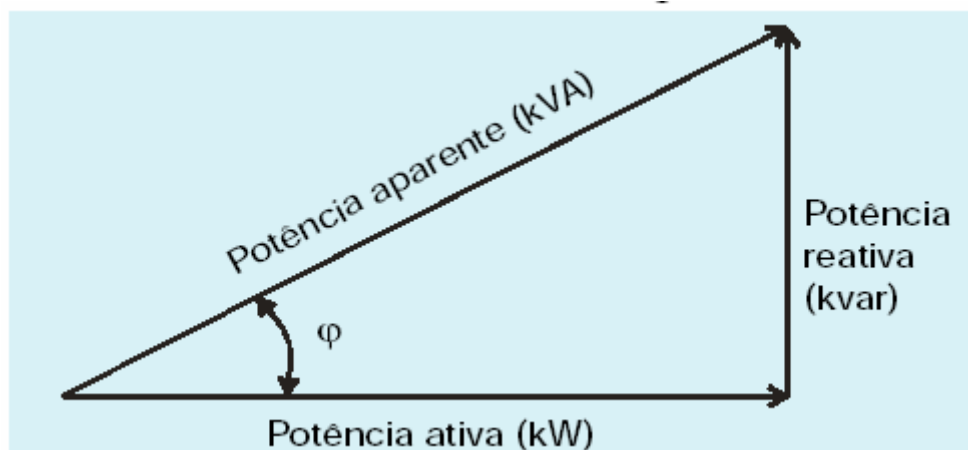
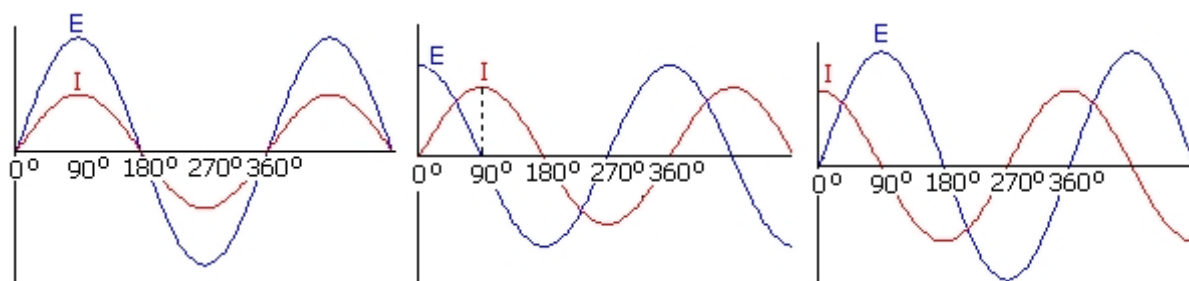



Fig. 3 - Triângulo retângulo de potência.

$$FP = \frac{kW}{KVA} = \cos\varphi = \cos\left(\text{arc tg}\ \frac{kvar}{kW}\right)$$

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kvarh^2}}$$

10.1.2 – Conseqüências e Causas de um Baixo Fator de Potência:

10.1.2.1 – Perdas na Instalação:

As perdas de energia elétrica ocorrem em forma de calor e são proporcionais ao quadrado da corrente total (I2.R).

Como essa corrente cresce com o excesso de energia reativa, estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, provocando o aumento do aquecimento de condutores e equipamentos.

10.1.2.2 – Quedas de Tensão:

O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar a interrupção do fornecimento de energia elétrica e a sobrecarga em certos elementos da rede.

Esse risco é, sobretudo acentuado durante os períodos nos quais a rede é fortemente solicitada. As quedas de tensão podem provocar ainda, a diminuição da intensidade luminosa das lâmpadas e aumento da corrente nos motores.

10.1.2.3 – Subutilização da Capacidade Instalada:

A energia reativa, ao sobrecarregar uma instalação elétrica, inviabiliza sua plena utilização, condicionando a instalação de novas cargas a investimentos que seriam evitados se o fator de potência apresentasse valores mais altos. O "espaço" ocupado pela energia reativa poderia ser então utilizado para o atendimento de novas cargas.

Os investimentos em ampliação das instalações estão relacionados principalmente aos transformadores e condutores necessários. O transformador a ser instalado deve atender à potência total dos equipamentos utilizados, mas devido a presença de potência reativa, a sua capacidade deve ser calculada com base na potência aparente das instalações.

A Tabela 1 mostra a potência total que deve ter o transformador, para atender uma carga útil de 800 kW para fatores de potência crescentes.

Tabela 1 - Variação da potência do trafo em função do fator de potência.

Potência útil absorvida - kW	Fator de Potência	Potência do trafo - kVA
800	0,50	1.600
	0,80	1.000
	1,00	800

Também o custo dos sistemas de comando, proteção e controle dos equipamentos cresce com o aumento da energia reativa. Da mesma forma, para transportar a mesma potência ativa sem o aumento de perdas, a seção dos condutores deve aumentar à medida em que o fator de potência diminui.

A Tabela 2 ilustra a variação da seção de um condutor em função do fator de potência. Nota-se que a seção necessária, supondo-se um fator de potência 0,70 é o dobro da seção para o fator de potência 1,00.

Tabela 2 - Variação da seção do cabo em função do fator de potência.

Seção relativa	Fator de potência
1,00	1,00
1,23	0,90
1,56	0,80
2,04	0,70
2,78	0,60
4,00	0,50
6,25	0,40
11,10	0,30

A correção do fator de potência por si só já libera capacidade para instalação de novos equipamentos, sem a necessidade de investimentos em transformador ou substituição de condutores para esse fim específico.

10.1.2.4 – Principais Conseqüências:

- Acréscimo na conta de energia elétrica por estar operando com baixo fator de potência;
- Limitação da capacidade dos transformadores de alimentação;
- Quedas e flutuações de tensão nos circuitos de distribuição;
- Sobrecarga nos equipamentos de manobra, limitando sua vida útil;
- Aumento das perdas elétricas na linha de distribuição pelo efeito Joule;
- Necessidade de aumento do diâmetro dos condutores;
- Necessidade de aumento da capacidade dos equipamentos de manobra e de proteção.

10.1.2.5 – Causas do Baixo fator de Potência:

- Motores de indução trabalhando a vazio;
- Motores superdimensionados para sua necessidade de trabalho;
- Transformadores trabalhando a vazio ou com pouca carga;
- Reatores de baixo fator de potência no sistema de iluminação;
- Fornos de indução ou a arco;
- Máquinas de tratamento térmico;
- Máquinas de solda;
- Nível de tensão acima do valor nominal provocando um aumento do consumo de energia reativa.

10.1.2.6 – Onde Corrigir o Baixo Fator de Potência:

Uma forma econômica e racional de se obter a energia reativa necessária para a operação adequada dos equipamentos é a instalação de capacitores próximos desses equipamentos. A instalação de capacitores porém, deve ser precedida de medidas operacionais que levem à diminuição da necessidade de energia reativa, como o desligamento de motores e outras cargas indutivas ociosas ou superdimensionadas.

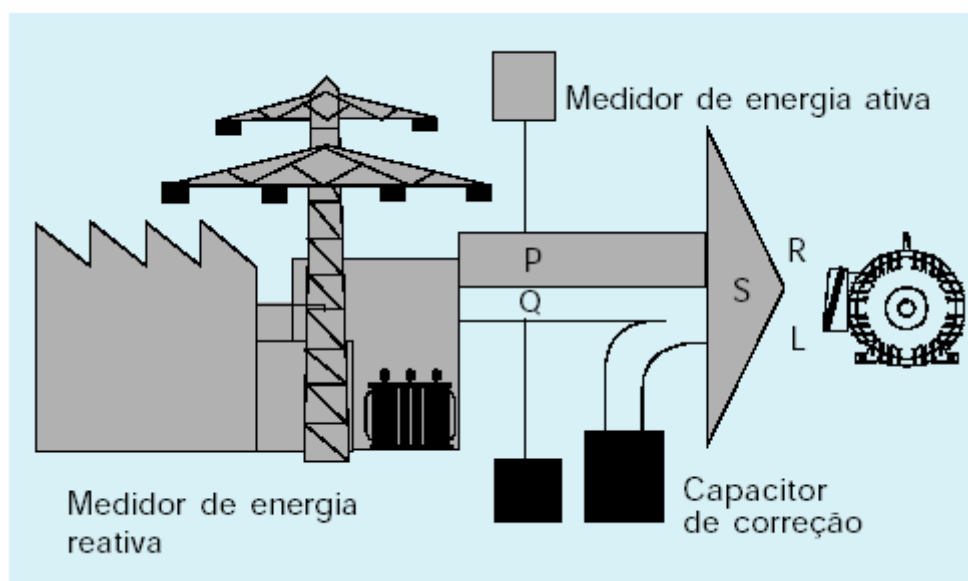



Fig. 4 - Representação da correção de fator de potência

10.1.3 – Vantagens da Correção do Fator de Potência:

10.1.3.1 – Melhoria da Tensão:

As desvantagens de tensões abaixo da nominal em qualquer sistema elétrico são bastante conhecidas.

Embora os capacitores elevem os níveis de tensão, é raramente econômico instalá-los em estabelecimentos industriais apenas para esse fim. A melhoria da tensão deve ser considerada como um benefício adicional dos capacitores.

A tensão em qualquer ponto de um circuito elétrico é igual a da fonte geradora menos a queda de tensão até aquele ponto. Assim, se a tensão da fonte geradora e as diversas quedas de tensão forem conhecidas, a tensão em qualquer ponto pode ser facilmente determinada.

Como a tensão na fonte é conhecida, o problema consiste apenas na determinação das quedas de tensão.

A fim de simplificar o cálculo das quedas de tensão, a seguinte fórmula é geralmente usada :
.

$$\Delta V = R.I.\cos\varphi \pm X.I.\text{sen}\varphi$$

onde :

ΔV = Queda de tensão [V]
R = Resistência [Ω]
I = Corrente total [A]
φ = Ângulo do fator de potência

10.2 – CAPACITORES:

10.2.1 – Cuidados na Aplicação de Capacitores:

OS capacitares, mesmo depois de desconectados da rede, continuam carregados. Nunca tocar um capacitar com a mão antes de aterrar se terminais.

Os capacitares de potência, de 480 V e acima, são fabricados, normalmente, com um resistor de descarga interno, calculado para atingirem 50V em 1 minuto, os de tensão de 480 V e inferior, e em 5 minutos os de tensão superior. Entretanto se existir um mau contato, ou seccionamento da resistência, o capacitar fica carregado com a tensão de crista que tinha no desligamento.

Os capacitores de baixa tensão (igual ou inferior a 480 V) devem-se aguardar ao menos 1 minuto após a desenergização do banco, e 5 minutos, se de tensão superior, antes do fechamento da chave de aterramento.

Para aterramento de capacitares sem chave de aterramento, devem-se aguardar o tempo de descarga conforme o item anterior e aterrar cada unidade na seguinte seqüência:

- Conectar o grampo de aterramento diretamente numa haste ou cabo de terra;
- Aterrar a caixa do capacitor;
- Curto-circuitar e aterrar os terminais.

Os capacitores antigos eram impregnados normalmente com óleo askarel. Por ser um líquido altamente tóxico e não degradável, foi proibida sua comercialização em todo o mundo. Portanto, o manuseio de capacitores, especialmente aqueles que apresentam vazamentos, requer cuidados e prescrições de segurança especiais, em conformidade com as regulamentações governamentais. Atualmente são utilizados dielétricos biodegradáveis.

Em relação as aplicações:

a) Tensão elevada:

- Junto a transformadores poderão ser submetidos a acréscimos de tensão nos períodos de baixa carga;
- Harmônicas na rede;
- Ressonância paralela.

b) Corrente de Surto:

- Manter a corrente de surto menor que 100 vezes a corrente nominal;
- Tempo de chaveamento muito pequeno poderá elevar a tensão no capacitor, provocando danos (redução da vida útil).

c) Harmônicas na Rede Elétrica:

- Evitar ressonância série (aumento da corrente) e ressonância paralela (aumento da tensão).

d) Temperatura:

- Não deve ultrapassar o limite máximo do capacitor;
- Máximo: 50o C;
- Média 24h: 40o C;
- Média anual: 30o C; conforme IEC.

e) Terminais do Capacitor:

ATENÇÃO! Não utilizar os terminais das células para fazer interligação entre si, pois assim a corrente que circula nos terminais aumenta, aquece os terminais e provoca vazamento nas células.

10.2.1.1 – Interpretação dos principais parâmetros dos capacitores:

a) Temperatura de operação:

São os limites de temperatura das células, montadas dentro dos capacitores. Não confundir com temperatura ambiente.

b) Máxima Tensão Permissível (IEC 831/1):

1,0 . Vn - Duração Contínua – Maior valor médio durante qualquer período de energização do Banco.
1,1 . Vn - Duração de 8h a cada 24h de operação (não contínuo) – Flutuações do sistema.
1,15 . Vn - Duração de 30 min a cada 24h de operação (não contínuo) – Flutuações do sistema.
1,20 . Vn - Duração de 5 min (200 vezes durante a vida do capacitor) – Tensão a carga leve.
1,30 . Vn - Duração de 1 min (200 vezes durante a vida do capacitor)

Obs: Causas que podem elevar a tensão nos terminais dos capacitores:

- Aumento da tensão da rede elétrica;
- Fator de potência capacitivo;
- Harmônicas na rede;
- Descargas atmosféricas;
- Mau contato nos cabos e fusíveis;
- Tempo de religamento (banco automático) muito curto;
- Ligar e desligar os capacitores, sem respeitar o tempo de religação mínimo (linha MCW e BCW igual a 305 e linha UCW-T igual a 3 min.).

c) Máxima Corrente Permissível: (1,30 . In)
É a corrente máxima permitida, considerando os efeitos das harmônicas e a sobre-tensão por curtos períodos de tempo (não confundir com corrente nominal).

d) Taxa de Variação da Tensão Máxima (dv/dt):
Este parâmetro informa o limite máximo da taxa da variação de tensão no capacitor em V/ms.

e) Perdas Joule por kvar:
Esse dado é importante para dimensionar a temperatura interna de banco de capacitores.

f) Corrente de pico Transitória Máxima: (100 . In)
É a máxima corrente de surto na energização do capacitor.

NOTA: Deve-se ter um cuidado especial com o instrumento de medição utilizado que deve ser do tipo True RMS

g) Utilização de capacitores com tensão nominal reforçada, ou seja, acima do valor de operação da rede:

- Capacitor com Vn de 380V/60Hz em rede de 220V/ 60Hz: a potência nominal do mesmo fica reduzida em 2202 / 3802 = 0,335, ou seja, em 66,5%;
- Capacitor com Vn de 440V/60Hz em rede de 380V/ 60Hz: a potência nominal do mesmo fica reduzida em 3802 / 4402 = 0,746, ou seja, em 25,4%;
- Capacitores com Vn de 480 V/60Hz em redes de 440V/60Hz: a potência nominal do capacitor fica reduzida em 4402 / 4802 = 0,84 , ou seja, em 16%.

Nota: é necessário sobredimensionar a potência nominal dos capacitores dividindo a mesma pelo fator de redução.

10.2.2 – Cuidados na Instalação de Capacitores:

10.2.2.1 – Local da Instalação:

- Evitar exposição ao sol ou proximidade de equipamentos com temperaturas elevadas;
- Não bloquear a entrada e saída de ar dos gabinetes;
- Os locais devem ser protegidos contra materiais sólidos e líquidos em suspensão (poeira, óleos);
- Evitar instalação de capacitores próximo do teto (calor);
- Evitar instalação de capacitores em contato direto sobre painéis e quadros elétricos (calor);
- Cuidado na instalação de capacitores próximo de cargas não lineares.

10.2.2.2 – Localização dos Cabos de Comando:

- Os cabos de comando deverão estar preferencialmente dentro de tubulações blindadas com aterramento na extremidade do Controlador Automático do Fator de Potência.

10.2.2.3 – Cuidados na Instalação Localizada:

- Alguns cuidados devem ser tomados quando se decide fazer uma correção de fator de potência localizada:

a) Cargas com alta inércia:

Deve instalar-se contatores para a comutação do capacitor, pois o mesmo quando é permanentemente ligado a um motor, podem surgir problemas quando o motor é desligado da fonte de alimentação. O motor ainda girando irá atuar como um gerador e fazer surgir sobretensão nos terminais do capacitor.

Pode-se dispensar o contator para o capacitor, desde que sua corrente nominal seja menor ou igual a 90% da corrente de excitação do motor (NBR 5060).

Ex:Ventiladores, bombas de recalque, exaustores, etc.

b) Inversores de Freqüência:

Inversores de freqüência que possuam reatância de rede conectada na entrada dos mesmos emitirão baixos níveis de freqüências harmônicas para a rede.

Se a correção do fator de potência for necessária, aconselha-se a não instalar capacitores no mesmo barramento de alimentação do(s) inversor(es). Caso contrário, instalar em série com os capacitores Indutores Anti-harmônicas.

c) Soft-starter:

Deve-se utilizar um contator protegido por fusíveis retardados para manobrar o capacitor, o qual deve entrar em operação depois que a soft-starter entrar em regime.

É sempre importante medir as harmônicas de tensão e corrente se o capacitor for inserido no mesmo barramento da soft-starter.

10.2.3 – Manutenção Preventiva:

Um capacitor não requer maiores preocupações de manutenção por ser um equipamento selado. No entanto as seguintes inspeções diárias são recomendadas:

1. No período de 8 a 48 horas, após a instalação dos capacitares, medir a corrente e a tensão em cada fase, para verificar se o banco está equilibrado e a potência não excede a 135% da nominal;

2. A cada período de 6 meses medir a temperatura das conexões com termovisão;

3. Em períodos que podem variar de 12 a 24 meses, dependendo das condições locais, é recomendável: limpar as buchas com um pano embebido em água, álcool ou solvente adequado; limpar os acúmulos sobre a caixa para facilitar a ventilação. Em áreas muito agressivas (plantas petroquímicas e químicas) *verificar* a existência de pontos de corrosão e, caso necessário, recuperar antes que apareçam vazamentos de óleo;

ATENÇÃO: Se o óleo for askarel, seu manuseio requer instrução especial de segurança.

4. Verificar o aterramento da caixa e da estrutura do banco. 5 Verificar e limpar as conexões dos fusíveis;

5. Medir a resistência de descarga entre os terminais;

6. Medir o isolamento entre os terminais e a caixa com megger de 1000 V; o isolamento mínimo deverá ser superior a 1000 MΩ;

7. Medir o fator de potência entre os terminais e a caixa. O valor deverá ser menor que 2 %;

8. Se existirem dúvidas quanto ao funcionamento normal do capacitor, medir a capacitância entre os terminais, de preferência com a tensão nominal.

10.2.3.1 – Periodicidade e Critérios para Inspeção:

a) Mensal

- Verifique visualmente em todas as Unidades Capacitivas se houve atuação do dispositivo de segurança interno, indicado pela expansão da caneca de alumínio no sentido longitudinal. Caso positivo, substituir por outra com a mesma potência;
- Verifique se há fusíveis queimados. Caso positivo, tentar identificar a causa antes da troca. Usar fusíveis com corrente nominal indicada no Catálogo;
- Verificar o funcionamento adequado dos contatores;
- Nos bancos com ventilação forçada, comprovar o funcionamento do termostato e do ventilador. Medira temperatura interna (máxima de 450C);
- Medir a tensão e a corrente das unidades capacitivas;
- Verificar o aperto das conexões (f*ast-on*) dos capacitores.

Obs.: Sempre que um terminal tipo "*fast-on*" for desconectado, deverá ser reapertado antes de ser reconectado.

b) Semestral

- Efetuar limpeza completa do armário metálico interna e externamente, usando álcool isopropílico;
- Repetir todos os procedimentos do ítem anterior (mensal);
- Reapertar todos os parafusos dos contatos elétricos e mecânicos;
- Medir a temperatura dos cabos conectados ao contator;
- Verificar estado de conservação das vedações contra a entrada de insetos e outros objetos.
- Instalação dos cabos de sinal de corrente e tensão muito próximos ao barramento (<50cm), causando interferências eletromagnéticas.
- Defeito de fabricação do controlador, ou seja, controlador de baixa qualidade.

Obs: Cuidar com o repique (rápida abertura e fechamento dos contatos de saída) que pode ocorrer no controlador, provocando com isso queima dos indutores de pré-carga dos contatores e expansão dos capacitores.

10.2.4 – Principais Conseqüências da Instalação Incorreta de Capacitores:

I - Queima do Indutor de Pré-Carga do Contator Especial:

Causa:

- Repique do contator, que pode ser causado pelo repique do controlador.

II - Queima de Fusíveis:

Causas:

- Harmônicas na rede, gerando ressonância série, provocando sobrecorrente;
- Desequilíbrio de tensão;
- Fusíveis ultra-rápidos (usar fusível retardado);
- Aplicar tensão em capacitores ainda carregados.

III - Expansão da Unidade Capacitiva:

Causas:

- Repique no contator que pode ser causado pelo repique do controlador;
- Temperatura elevada;
- Tensão elevada;
- Corrente de surto elevada (> 100 . In);
- Descargas atmosféricas;
- Chaveamento de capacitores em bancos automáticos sem dar tempo (30 ou 180s) para a descarga dos capacitores;
- Final de vida.

IV - Corrente Especificada Abaixo da Nominal:

Causas:

- Tensão do capacitor abaixo da nominal;
- Células expandidas.

V - Aquecimento nos Terminais da Unidade Capacitiva (vazamento da resina pelos terminais):

Causas:

- Mau contato nos terminais de conexão;
- Erro de instalação (ex: solda mal feita nos terminais);
- Interligação entre células capacitivas, conduzindo corrente de uma célula para outra via terminal.

VI - Tensão Acima da Nominal:

Causas:

- Fator de potência ter ficado unitário, mesmo não tendo harmônicas, porém provocou ressonância paralela.
- Efeito da ressonância paralela entre os capacitores e a carga.

VII - Corrente acima da nominal:

Causa:

- Efeito de ressonância série entre os capacitores e o trafo, provocado pela igualdade entre a freqüência do trafo e a freqüência de alguma harmônica significativa na instalação.

10.2.5 – Capacitores em instalações elétricas com fonte de alimentação alternativa: (Grupo Gerador):

Em instalações elétricas com fonte de alimentação alternativa através de grupo gerador, aconselha-se que todos os capacitores sejam desligados, pois o próprio grupo gerador pode corrigir o fator de potência da carga, evitando assim problemas tais como perda de sincronismo e excitação pelo fato do gerador operar fora da sua curva de capabilidade (curva de operação).

10.2.6 – Testes:

10.2.6.1 – Teste de isolamento entre terminais:

O teste de isolamento entre terminais mede, na realidade, a resistência de descarga interna do capacitor, uma vez que essa é muito inferior à resistência do dielétrico entre as placas. Uma resistência de isolamento muito alta poderá ser um indicativo de seccionamento da resistência de descarga.

Como as capacidades, normalmente, são muito elevadas, as correntes de carga também o são e o megger poderá não ser um instrumento adequado. Nesses casos, sugere-se a medida através do circuito da *Figura* 10.2.6.1. A elevação da tensão deverá ser regulada de forma que a corrente de carga fique limitada a um (01) ampère.

Após a estabilização da corrente o valor da resistência de descarga é calculado pela lei de Ohm:

$$R = V/I$$

Quando *V* é dado em volts e *I* em ampères, *R* vem dado em ohms.

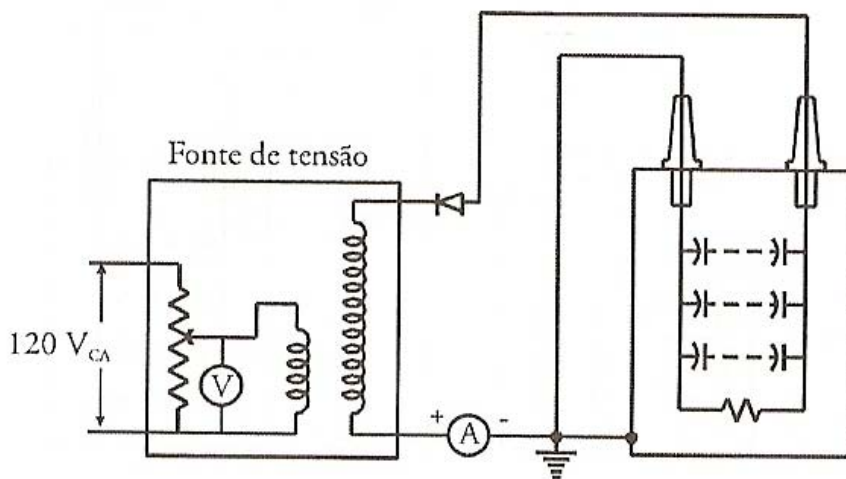



FIGURA 10.2.6.1 – MEDIDA DA RESISTÊNCIA INTERNA DE CAPACITORES

A descarga do capacitor deverá ser realizada através de sua resistência interna.

“Nunca curto-circuitar diretamente o capacitor”.

10.2.6.2 – Teste de isolamento entre os terminais e a caixa:

A resistência de isolamento entre a parte ativa e a caixa poderá ser medida com megger. O capacitor deverá estar a uma temperatura entre 25±5°C para se obterem dados comparativos com testes anteriores. A resistência de isolamento medida com megger de 1000 V deverá ser superior a 1000 MΩ. Após o teste o capacitor será descarregado através da resistência interna do megger ou através de bastão de aterramento.

10.2.6.3 – Teste de fator de potência entre os terminais e a caixa:

O capacitor deverá estar a uma temperatura compreendida entre 25±5°C para se obterem dados comparativos com testes anteriores.
O instrumento será conectado como indicado figura 10.2.6.3. A tensão de teste será à disponível no instrumento, porém limitada à nominal do capacitor. O fator de potência normalmente é inferior a 2%.

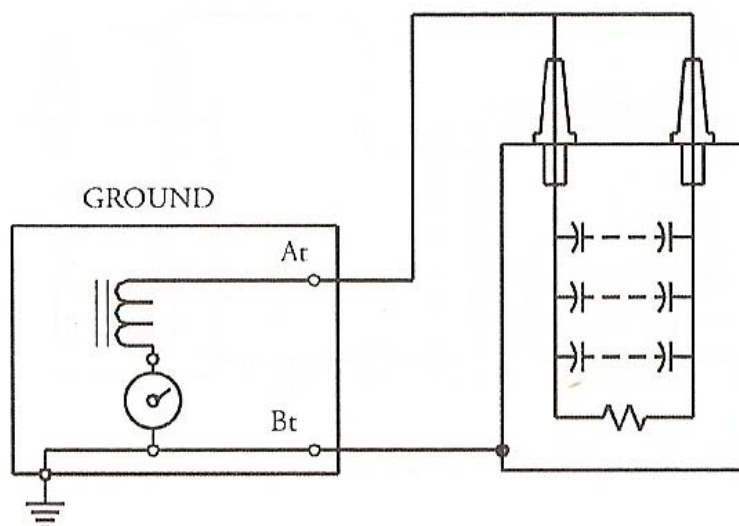



FIGURA 10.2.6.3 – MEDIDA DO FATOR DE POTÊNCIA ENTRE OS TERMINAIS E CAIXA

10.2.6.4 – Teste de tensão aplicada entre os terminais e a caixa com V ca:

O teste indica as condições do dielétrico contra a caixa. O nível de tensão não deverá ser superior a 75% da tensão de fábrica especificado na tabela 10.2.6.4. O teste será aplicado apenas aos capacitares pilotos múltiplos de 5, por exemplo.

1. Curto-circuitar os terminais e conectá-los ao terminal de alta-tensão;
2. Aterrar a caixa do capacitor. Conectar o terminal de terra à caixa do capacitor;
3. Elevar a tensão lentamente até o voltÍmetro indicar a tensão de teste;
4. Manter a tensão por 10 s; o tempo total de teste não deverá ser superior a 1 minuto;
5. Reduzir a tensão lentamente até o final do cursor;
6. Se não acontecerem anormalidades, o capacitor passou no teste.

Nível de isolamento (kV)	Testes com freqüencia industrial	
	Na fábrica (I 00%)	No campo (75%)
0,6	4	3
1,2	10	7,5
5	19	14,25
8,7	26	19,50
15	34	25,50

TABELA 10.2.6.4 – Tensão para testes de tensão aplicada com Vca entre os terminais e a caixa.

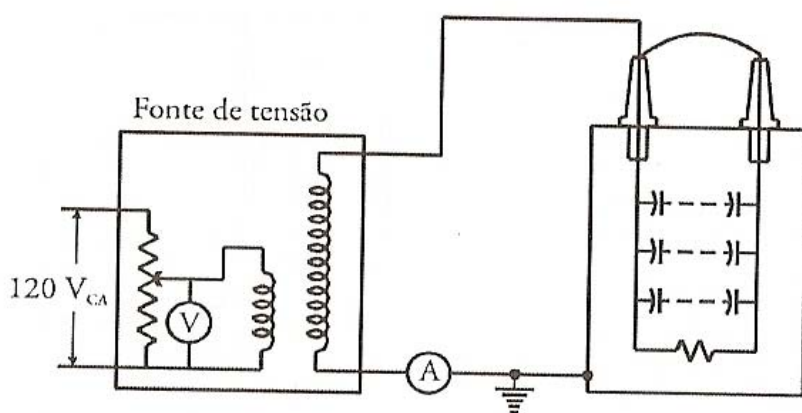



FIGURA 10.2.6.4 – TESTE DE TENSÃO APLICADA VCA ENTRE OS TERMNAIS E A CAIXA

10.2.6.5 – Teste de tensão aplicada com Vcc entre os terminais e a caixa:

O teste de tensão aplicada com *Vcc* é uma alternativa do anterior com *Vca.*

Procedimento

1. Conectar o instrumento conforme a figura 10.2.6.5;
2. Selecionar a tensão de teste conforme a Tabela 10.2.6.5*;*
3. Elevar a tensão lentamente até a tensão final de teste. Manter a tensão final por 10s; o tempo total não deverá ser superior a 1 minuto Se a corrente se mantiver constante ou decrescente, o isolamento se encontra em condições satisfatórias;
4. Reduzir a tensão até a posição final do cursar;
5. Descarregar o dielétrico conforme exposto no item **10.2.6.1**, para testes de alta tensão com HI-POT.

Nível de isolamento (kV)	Tensão de teste (kVcc)
0,6a1,13	15 (7,5 para interior)
1,2 a 5	28,5
5,01 a 15	39

TABELA 10.2.6.5 – Tensão para testes de tensão aplicada com Vcc entre os terminais e a caixa.

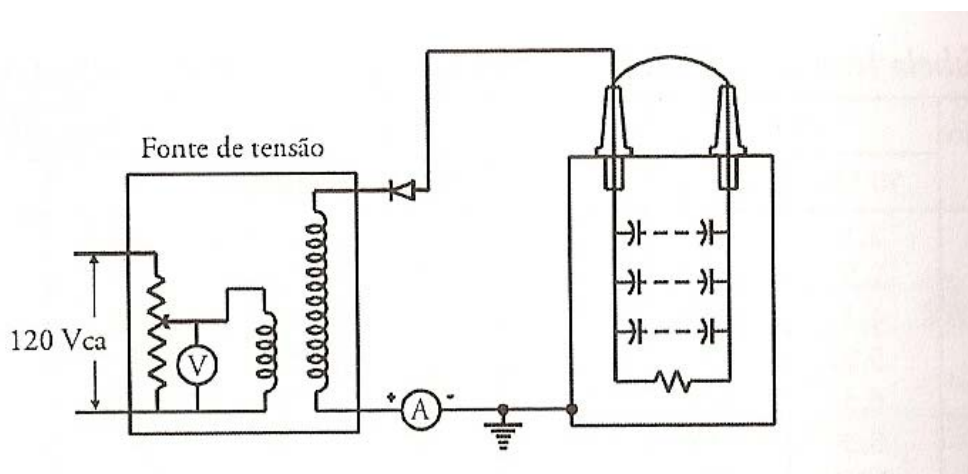



FIGURA 10.2.6.5 – TESTE DE TENSÃO APLICADA VCC ENTRE OS TERMNAIS E A CAIXA

10.2.6.6 – Teste de vazamento:

O teste poderá ser realizado em capacitores que, por alguma razão, apresentem pontos suspeitosos de vazamento. Para tanto, limpar bem a caixa e colocá-la numa estufa por 4 horas com o ponto suspeitoso para baixo. A temperatura máxima *(100* °C) não deverá ser superior à recomendada pelo fabricante, caso contrário, o capacitor poderá explodir, devido à dilatação do óleo.

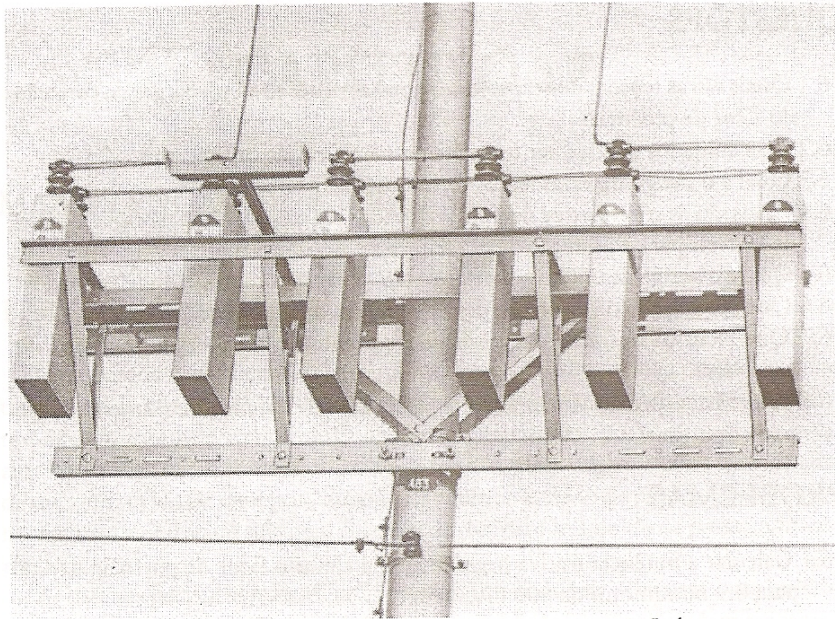



Figura 16.9.- Banco de capacitores sobre poste de concreto- Inducon

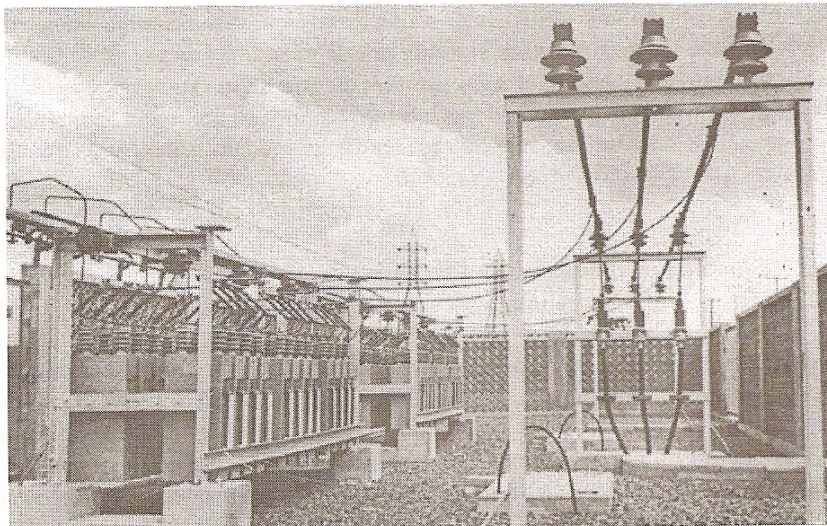



Figura 16.10.- Banco de capacitores sobre plataforma (rack) - Inducon

Capacitores

11- MANUTENÇÃO DE PÁRA-RAIOS:

11.1 – PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO:

Um pára-raios funciona de forma similar a uma válvula de segurança. Quando a diferença de potencial com relação à terra superar um determinado valor, o pára-raios produz uma descarga para terra, de forma a .manter a tensão dentro de um limite determinado. Atualmente, são de uso comum dois tipos de pára-raios:

a) pára-raios do tipo convencional,
b) pára-raios de óxido de zinco (ZnO).

11.2 – PÁRA-RAIOS DO TIPO CONVENCIONAL:

Dependendo da tensão nominal os pára-raios poderão ser montados em uma, duas ou mais unidades superpostas. A coluna ativa é centralizada por meio de elementos apropriados e comprimida através de molas. Nos flanges, superior e inferior, são montados os dispositivos de alivio de sobrepressão e, eventualmente, poderão vir acompanhados de indicador de operações. Os pára-raios são expedidos de fábrica com uma carga de nitrogênio seco a determinada pressão, para evitar a penetração de umidade e, conseqüentemente, a oxidação de elementos internos, que alterariam as características elétricas e dielétricas.

A coluna ativa é construída por: resistores não lineares; resistores ou capacitores distribuidores de potencial; centelhadores. Os resistores não lineares, ou de descarga, são os elementos mais importantes. Constituem-se de um aglomerado de pó de carbureto de silício e aditivos aglomerantes de forma cilíndrica, obtida por pressão. A característica fundamental dos resistores é a variação da resistividade de forma inversa à tensão. Os centelhadores permitem a atuação do pára-raios quando determinados níveis de tensão são alcançados. As resistências de controle ou capacitores são distribuídas de forma a obter uma homogeneidade do campo elétrico ao longo da coluna ativa do pára-raios. Quando acontece uma descarga interna, forma-se uma quantidade elevada de gases ionizados; para evitar a explosão da porcelana, o diafragma de alivio de sobrepressão atua e permite a saída dos gases.

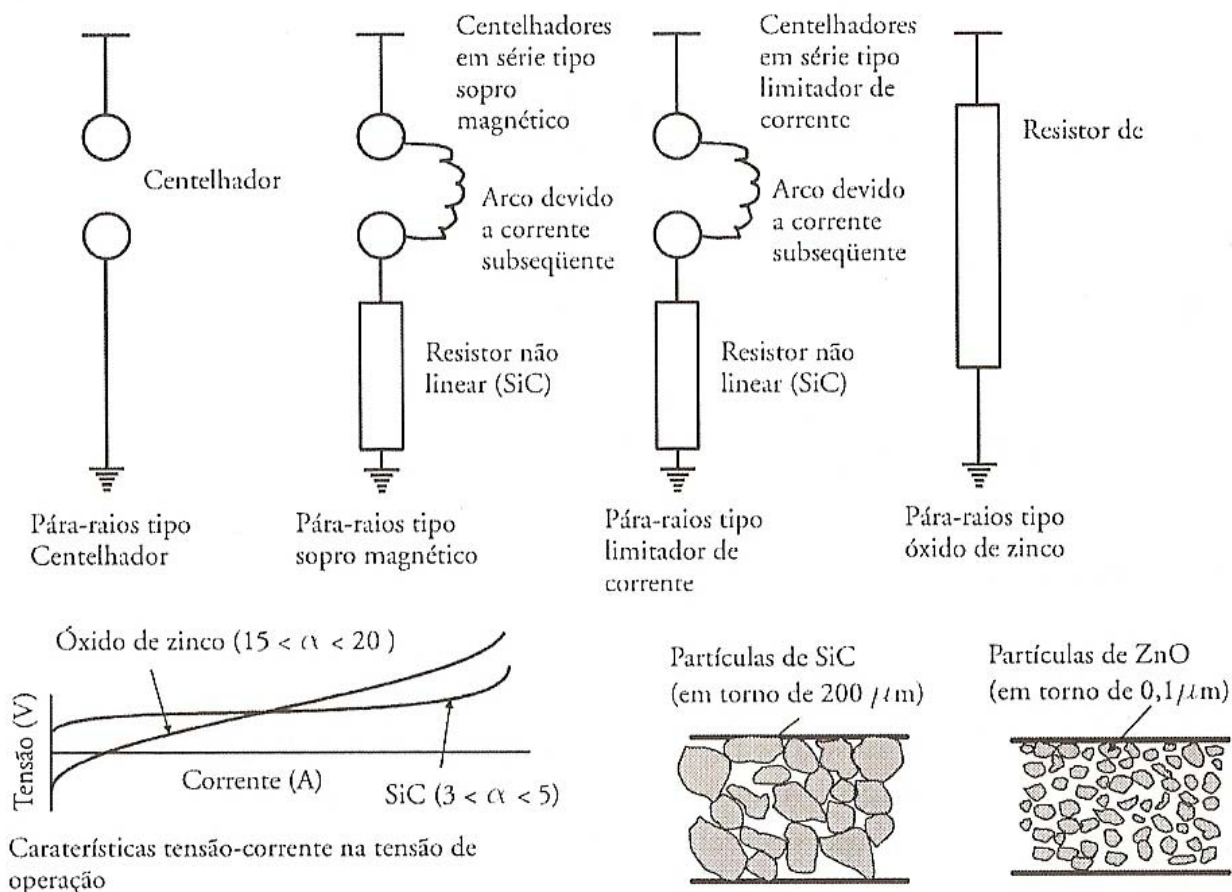



FIGURA 11.1 – EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DOS PÁRA-RAIOS

11.3 – PÁRA-RAIOS DE OXIDO DE ZINCO:

Os pára-raios de óxido de zinco se diferenciam dos convencionais por não ter centelhadores. A parte ativa é composta de um único elemento, óxido de zinco (ZnO), de forma que o projeto final se torna muito simples. O sistema de vedação e a válvula de sobrepressão funcionam de forma similar ao convencional.

A característica de funcionamento está expressa pela fórmula:

$$I = q . v^{\alpha}$$

I = a corrente que circula através do elemento de *ZnO* em ampéres;
V = a tensão aplicada fase-terra em volts;
q = constante característica do elemento de *ZnO;*
α= constante de alineidade.

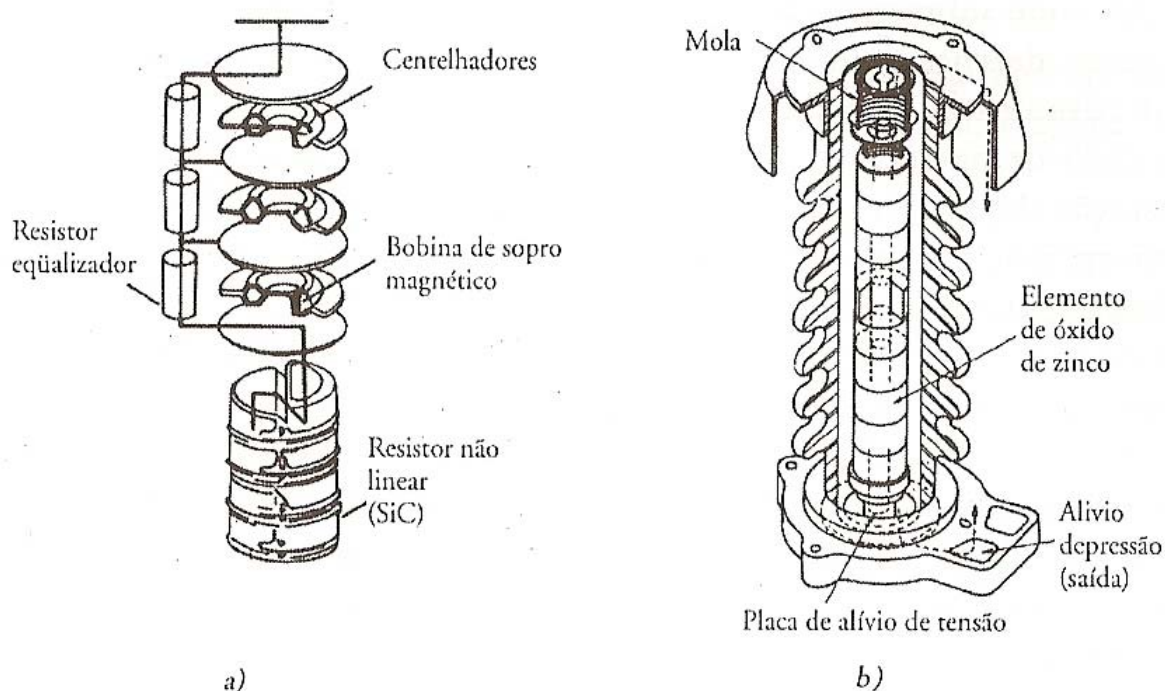



FIGURA 11.2 – PÁRA-RAIOS: a) CONVENCIONAIS; b) DE ÓXIDO DE ZINCO

Quando submetidos à tensão nominal de operação permitem escoar apenas algumas dezenas de micro ampéres, ao contrário dos de carbureto de silício que permitem o escoamento de centenas de ampéres. A corrente subseqüente ao ciclo de operação é desprezível, eliminando, por tanto, a necessidade de absorção da energia dissipada por ela, a causa maior das falhas dos pára-raios convencionais, com centelhadores em série. Os pára-raios de ZnO não são afetados pela sujeira superficial, no que se refere a distribuição do campo elétrico, ao contrário dos convencionais. Dessa forma, é possível a lavagem dos pára-raios mesmo submetidos a tensão.

Modernamente a porcelana está sendo substituída por isoladores poliméricos com grandes Vantagens: não quebram nem racham; não explodem, reduzindo o risco de acidentes tanto humanos como de outros equipamentos vizinhos; não tem espaços vazios e, conseqüentemente, não existe o risco de entrada de umidade.

FIGURA 11.4 – PÁRA-RAIO POLIMÉRICO

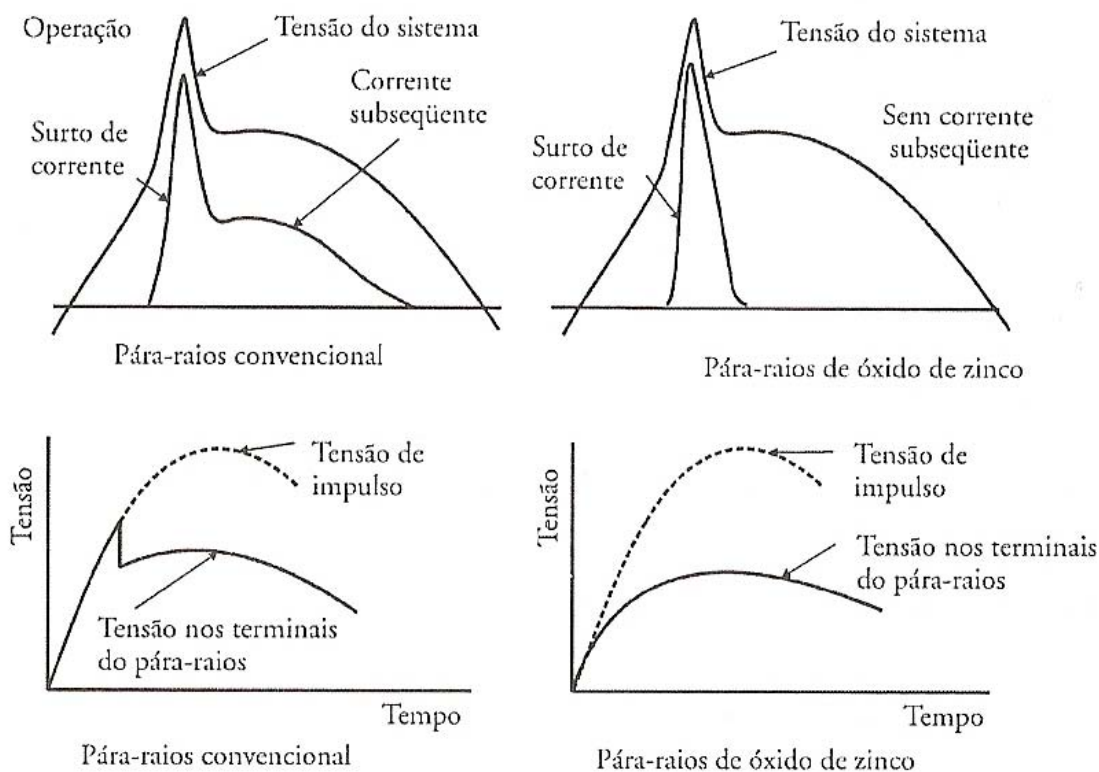



FIGURA 11.5 – CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA DE PÁRA-RAIOS CONVENCIONAIS E ZnO

11.4 – CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS DE UM PÁRA-RAIOS:

a) ***Tensão nominal*** **de** ***um pára-raios***

É a tensão eficaz permanente, a determinada freqüência, que pode ser aplicada aos seus terminais e operar corretamente. A determinação da tensão nominal se faz em função da tensão máxima entre fases do sistema e do fator de aterramento no qual o pára-raios será instalado. De forma geral, o fator de aterramento pode ser considerado 0,8 quando o neutro está solidamente aterrado, isto é, sem resistor de aterramento; para sistemas com neutro isolado considerar-se o fator 1,0.

Exemplo 11.1

Calcular a tensão nominal de um *pára-raios para ser instalado num sistema* de 69 Kv.

As normas estipulam uma tolerância de ±5%; *a tensão máxima* será então*:* 69 *x 1,05* = 72,45 Kv.

Se o *sistema fosse neutro isolado de terra, a tensão nominal do pára-raios seria: 72,45 x 1,0 = 72,45 Kv.*

Se o *sistema fosse solidamente aterrado, isto é, sem resistência de aterramento intencional, a tensão nominal seria: 72,45 x O,*8 = 57,96 *kV.*

b) Tensão disruptiva* a *freqüência industrial:

Define-se como o menor valor de tensão eficaz que aplicada aos terminais de um pára-raios, sob freqüência industrial, produz descargas nos centelhadores.

c) Tensão disruptiva sob impulso:

Maior valor de tensão atingida antes do centelhamento do pára-raios, quando uma onda de tensão de impulso, sob forma de polaridade dada, é aplicada a seus terminais.

d) Tensão residual:

Caracteriza-se pela tensão que aparece nos terminais do pára-raios, quando por ele circula a corrente de descarga.

e) *Corrente nominal* de *descarga:*

É o valor eficaz da corrente sob forma de onda de 8/20 ms que o pára-raios deve suportar sem sofrer alterações em suas características originais.

11.5 – RECEBIMENTO E MONTAGEM:

Cada uma das unidades, ao serem retiradas da caixa, deverão ser inspecionados cuidadosamente, principalmente a porcelana, a membrana de alívio de sobrepressão, e os suportes de fixação. Constatado algum tipo de dano, entrar em contato com o fabricante.

11.5.1 – Instalação do pára-raios:

Se o pára-raios dispõe de contador de descargas, deverá ser instalado sobre uma base isolada, previamente montada.

Para suspender o pára-raios, retirar dois parafusos transversalmente opostos, localizados na parte superior da cobertura e, em seu lugar, colocar dois olhais de suspensão; depois do levantamento, os olhais serão substituídos pelos parafusos originais. A montagem do contador de descargas deverá ser feita a uma altitude mínima de 2 m do piso. Deverá ser instalado diretamente na estrutura de sustentação e, se possível na mesma face da estrutura em que se encontrar localizado o terminal de aterramento. O cabo que interliga o pára-raios ao contador de descargas deverá estar isolado de terra.

11.6 – MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE PÁRA-RAIOS:

Um pára-raios não tem manutenção preventiva, a não ser a limpeza da porcelana, em atmosferas poluentes, e testes periódicos de isolamento.

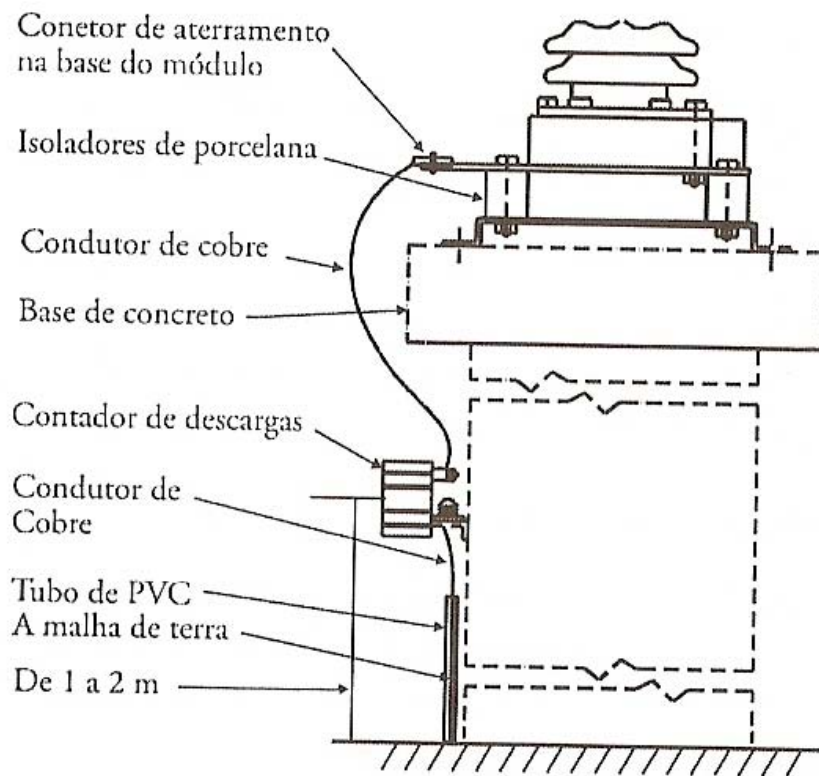



FIGURA 11.6 – VISTA LATERAL DE UM PÁRA-RAIOS, COM CONTADOR DE DESCARGAS

11.7 – SEGURANÇA:

Para realizar testes de isolamento, desconectar o pára-raios da linha; para tanto aterrar a linha de ambos os lados com bastão de aterramento. A desconexão do pára-raios poderá ser realizada por uma equipe de linha viva.

Nunca realizar testes em pára-raios ligados a linhas de transmissão se as condições atmosféricas não forem boas em toda a extensão da linha.

11.8 – LIMPEZA DA PORCELANA:

A poluição externa pode ocasionar variações transitórias na distribuição da tensão na porcelana. Nos pára-raios convencionais a poluição severa pode causar centelhamento e falha. Nos pára-raios sem centelhadores, como os de óxido de zinco, estas variações podem produzir aquecimentos parciais. A limpeza da porcelana pode ser realizada tanto com o pára-raios desenergizado como energizado, desde que se respeitem as técnicas de trabalho em equipamentos energizados.

11.9 – INSPEÇÃO GERAL:

1. Verificar a existência de rachaduras na porcelana; pequenas gretas podem ser recuperadas com massa epóxi e um verniz protetor de secagem ao ar.

2. Verificar e reapertar os conectores de entrada e de aterramento. Efeitos eletrolíticos podem corroer a conexão de aterramento e provocar sobretensões desastrosas.

3. Verificar se existem sinais de corrosão na membrana de alívio de sobrepressão e nos suportes de fixação.

4. Não é recomendável a abertura do pára-raios, pois sua montagem requer técnicas especiais. Se existirem dúvidas quanto à vedação da membrana de sobrepressão, sugerimos a seguinte pratica recomendada por alguns fabricantes:

    - Lavar a porcelana com água, álcool ou outro solvente adequado;

    - Medir as perdas dielétricas ou a resistência de isolamento;

    - Introduzir o pára-raios em um tanque com água durante 1 minuto. A membrana do suporte superior deverá ficar imersa pelo menos 20 cm;

    - Retirar o pára-raios do tanque e secar a porcelana com um pano seco. Verificar se a temperatura é aproximadamente a mesma que tinha antes dos testes de isolamento;

    - Medir as perdas di elétricas ou resistência de isolamento e comparar os resultados com os obtidos antes do teste de imersão. Se os resultados forem muito diferentes (mais de 25%), podemos inferir que houve penetração de água e, nesse caso, o pára-raios deverá ser retirado de operação e desmontado para inspeção. É recomendável que a abertura seja feita por pessoal especializado. Caso de abertura na própria empresa, desmontar cuidadosamente todos os componentes marcando a posição correta de todas as peças; a posição de cada pastilha é calculada criteriosamente para homogeneizar o campo elétrico ao longo da massa ativa. Se existirem sinais de corrosão devido à penetração de umidade, limpar e secar em estufa a uma temperatura de 80°C. Trocar as juntas defeituosas;

    - Medir a corrente de fuga na tensão nominal.

11.10 – MEDIDA DA RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO:

A resistência de isolamento fornece pouca informação com.respeito ao estado geral do pára-raios. Apesar de tudo, quando comparada com a obtida em testes anteriores, poderá indicar alterações tais como penetração de umidade e carbonização da porcelana. A resistência de isolamento deverá ser medida entre o terminal de entrada e o de aterramento. A tensão de teste deverá ser, no mínimo, de 2500 V.

ELEMENTO ENSAIADO	CABO LINE	CABO EARTH	OBSERVAÇÕES
EA	A	B + T	MEDIR O VALOR DE R (MΩ), 1 MINUTO (COM 2,5 OU 5,0 kV)
EB	B	C + T	
EC	C	D + T	
ED	D	T	
COLUNA	A	T	

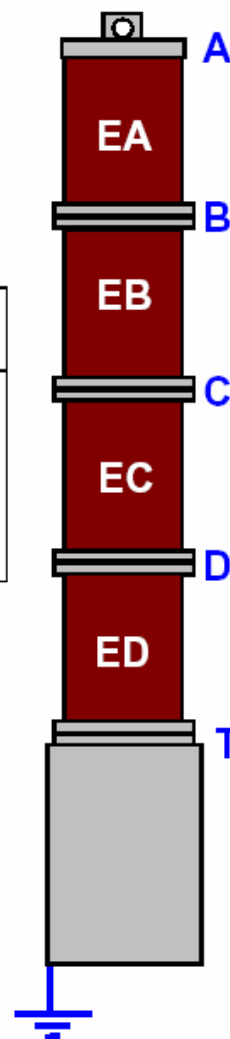



FIGURA 11.7 – ENSAIO DE ISOLAMENTO

11.11 – MEDIDA DAS PERDAS DIELÉTRICAS:

A corrente nos pára-raios é de natureza capacitiva, assim, o Índice de variação das perdas dielétricas é mais sensível que o fator de potência. Os testes serão realizados em unidades individuais, pois desta forma resultará mais fácil à localização de uma falha e a comparação de resultados entre eles. A correção de temperatura não é necessária, uma vez que influencia muito pouco as perdas dielétricas na porcelana.

As perdas dielétricas nos pára-raios variam consideravelmente em função do tipo e do fabricante. Sendo assim, o melhor guia é sempre a comparação com valores de perdas anteriores ou de pára-raios do mesmo tipo e fabricante.

Um incremento nas perdas dielétricas de 20% ou mais, no período de um ano, pode ser uma indicação de vedação defeituosa e penetração de umidade. Nesses casos é aconselhável um acompanhamento mais apurado com períodos de testes mais curtos (três meses, por exemplo) e se for comprovado que as perdas estão realmente aumentando de forma anormal, programar a retirada de operação.

As principais falhas que influenciam as perdas dielétricas são:

a) Perdas internas superiores* ao *normal:

1. Contaminação por umidade ou sujeira interna na superfície da porcelana ou nos terminais;
2. Oxidação nos terminais;
3. Depósito de sais de alumínio, aparentemente causados pela interação entre a umidade e os produtos resultantes da corona.

b) Perdas na porcelana:

1. Sujeira superficial externa e umidade elevada;
2. Rachaduras na porcelana.

c) Perdas internas abaixo do normal:

1. Resistências equipotenciais partidas;
2. Elementos pré-ionizantes partidos;
3. Montagem mal feita.

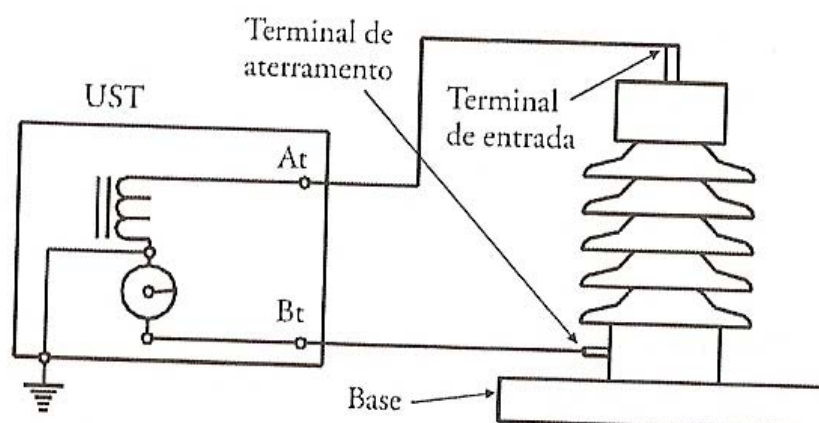



FIGURA 11.8 – MEDIDA DE PERDAS DIELÉTRICAS EM UM PÁRA-RAIOS DE UMA UNIDADE

11.12 – MEDIDA DA CORRENTE DE FUGA:

A medida da corrente de fuga de um pára-raios é o ensaio que melhor revela seu estado, entre todos os ensaios não destrutivos fáceis de serem realizados no campo.

Um pára-raios defeituoso explode ou não opera, sendo às vezes é difícil diagnosticar, através de um teste de isolamento ou de perdas dielétricas, se o equipamento está em condições de permanecer em serviço.

Se o pára-raios tiver instalado um microamperímetro, o problema se limitará a tomar leituras periódicas da corrente de fuga na tensão nominal. Quando não existir medidor de corrente de fuga, instalar terminais de forma a poder medir a corrente diretamente neles.

A corrente de fuga é afetada por fatores tais como: tipo de pára-raios, relação entre as tensões de operação e a nominal, temperatura, porcentagem de harmônicos na tensão de linha, capacitância da linha com relação a terra e contra as outras fases, e poluição ambiental. Por essa razão não é possível estipular valores fixos de correntes de fuga; esses deverão ser comparados com os encontrados quando recém instalados e com outros similares. Em princípio não serão aceitos valores de corrente superiores a 2 miliamperes.

Modernamente estão usando instrumentos capazes de medir a corrente resistiva, o melhor indicador do estado do pára-raios. Outro recurso utilizado é o termovisor, capaz de detectar aquecimentos concentrados no interior do pára-raios; se bem é verdade que a transmissão de calor depende muito do fabricante e do tipo de pára-raios, o que pode levar a erros de interpretação. Isso tem despertado a necessidade de tabelar uma relação entre a temperatura medida e a corrente resistiva de fuga.

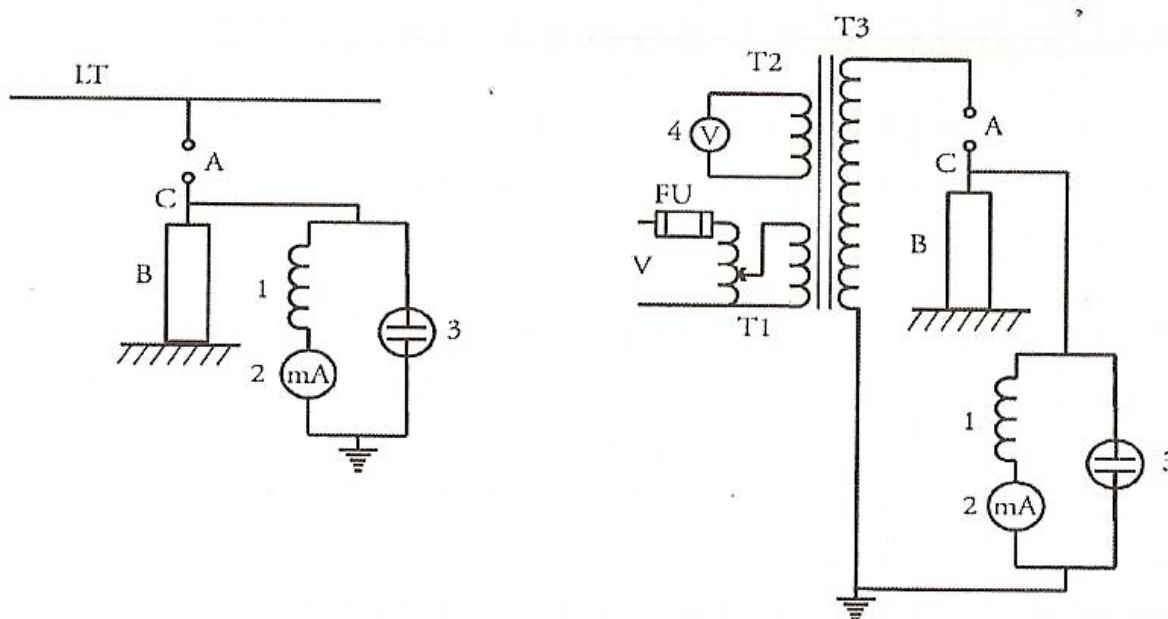



FIGURA 11.9 – MEDIDA DE CORRENTE DE FUGA

Figura 11.9. - *Circuito para medida da corrente de fuga em pára-raios: a) Medida da corrente de fuga em pára-raios com contador de operações; b) medida da corrente de fuga com tensão gradativa ou escalonada. LT linha de transmissão;* ***A*** *pára-raios em teste;* ***B*** *base do pára-raios isolado de terra;* ***C*** *pino de aterramento do pára-raios;* 1 *resistência de 10 a 20 kΩ,de* 1 *ou mais* W; 2 *miliamperímetro com escala de 0 a* 5 *mA;* 3 *Lâmpadas de néon tipo NE-48 da GE* ou *similar;* 4 *voltímetros comum para a medida da tensão de teste;* 5 *dispositivos de proteção do circuito de teste; T1 transformador variável; T2 transformador elevador; T3 transformador de potencial para medir a tensão de teste (Manual de campo da Eletrosul)*

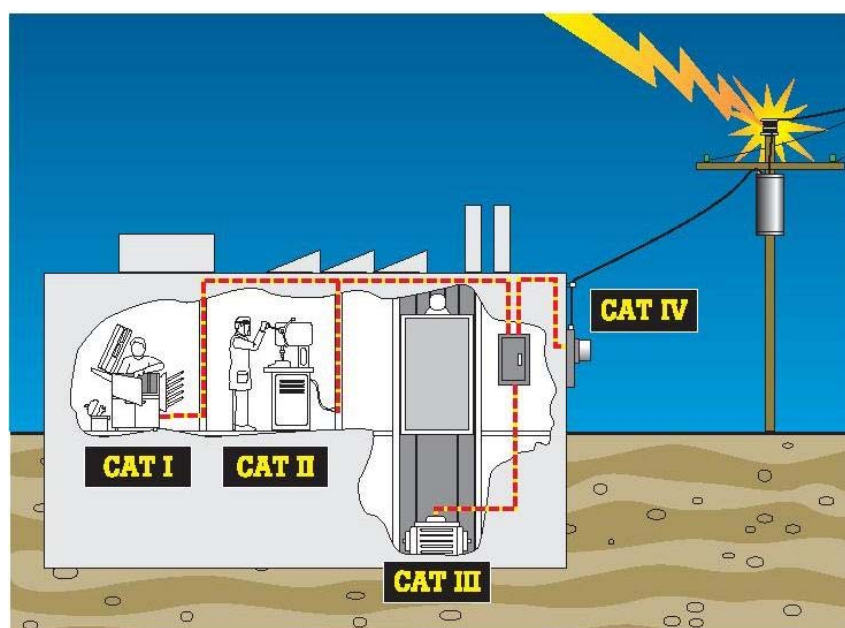
12- PREVENÇÃO DE ACIDENTES - MEDIDAS ELÉTRICAS:

12.1 – INTRODUÇÃO:

Atualmente as novas tecnologias exigem que as grandezas elétricas envolvidas nos fenômenos físicos sejam medidas, com uma confiabilidade cada vez melhor.

Com isso surgem instrumentos e técnicas que permitem medir e controlar tais grandezas. Evidentemente que os conceitos fundamentais, clássicos e básicos de medidas elétricas são indispensáveis aos profissionais que utilizam estas novas tecnologias.
Conhecendo-se tais conceitos, consegue-se medir e controlar grandezas físicas não elétricas tais como: temperatura, vazão, Pressão, velocidade, etc.

12.2 – PREVENÇÃO DE ACIDENTES:

12.2.1 – CATEGORIAS DE SEGURANÇA:

Categoria de Sobretensão	Em Resumo	Exemplos
CAT IV	Trifásico na conexão com a empresa de energia, qualquer condutor ao ar livre.	• Designa a "origem de instalação", ou seja, o ponto de conexão de baixa tensão com a empresa de energia. • Medidores de eletricidade, equipamentos primários de proteção contra sobrecorrente. • Exterior e entrada de serviço, ramal de ligação do poste para o prédio, conexão entre o medidor e o painel. • Linha aérea de transmissão para um prédio isolado, linha subterrânea para uma bomba de poço.
CAT III	Distribuição trifásica, inclusive a iluminação comercial de fase única.	• Equipamento em instalações físicas, como aparelhos de conexão e motores polifásicos. • Barramento e alimentador em plantas industriais. • Alimentadores e circuitos ramificados curtos, dispositivos de painel de distribuição. • Sistemas de iluminação em prédios maiores. • Saídas de aparelho com conexões curtas à entrada de serviço.
CAT II	Cargas de fase única ligadas a conectores.	• Cargas de aparelhos, ferramentas portáteis e outras cargas de aparelhos domésticos e similares. • Circuitos de saída e circuitos ramificados curtos. • Tomadas a mais de 10 metros (30 pés) da fonte de CAT III. • Tomadas a mais de 20 metros (60 pés) da fonte de CAT IV.
CAT I	Eletrônicos.	• Equipamentos eletrônicos protegidos. • Equipamentos conectados a circuitos (de fonte) nos quais as medições são feitas, para limitar a um nível baixo as sobrevoltagens transitórias. • Qualquer fonte de alta tensão e baixa energia derivada de um transformador de resistência de alto enrolamento, como a parte de alta tensão de uma copiadora.

12.2.2 – QUANDO UM TESTADOR SE TRANSFORMA EM UMA GRANADA?

Os fabricantes especificam nos manuais - e, freqüentemente, no testador - a corrente e os valores de interrupção e tensão necessários para os fusíveis de troca. Se você escolher um fusível fora dessas especificações ou, pior ainda, colocar um fio em torno das conexões do fusível, você cria uma granada térmica - acredite se quiser... Basta ter as condições necessárias para ativá-la. Provavelmente, a explosão não ocorrerá durante o funcionamento de uma impressora, uma copiadora, um computador ou outro equipamento que tenha a sua própria fonte de energia (CAT I). Você até pode escapar da explosão ao trabalhar com circuitos ramificados (CAT II). Esses dois ambientes têm uma energia razoavelmente baixa e costumam ter proteção de fusíveis embutida, disjuntores de circuito e circuitos de proteção contra sobrecorrente. Entretanto, isso não são uma boa idéia, nem um modo seguro de trabalhar.

Ao passar para um gabinete de distribuição elétrica (CAT III) ou para linhas de alimentação primária (CAT IV), os circuitos de proteção mudam bastante. No painel de distribuição, há disjuntores entre você e a empresa de energia, com valores nominais de milhares de ampéres, em vez do disjuntor de 15, 20 ou 30 ampéres de um circuito ramificado.

Ao medir a tensão no lado de entrada de um painel de disjuntor em uma residência, a proteção volta para o poste da empresa de energia ou para a subestação. Esses disjuntores carregam milhares de ampéres antes de abrir e demoram muito mais para abrir, se comparados a um disjuntor de circuito ramificado. Portanto, quando você deixa acidentalmente os condutores nos conectores de corrente e coloca os condutores do medidor em uma dessas fontes de tensão sem um testador que tenha uma proteção adequada de fusíveis, você coloca a sua vida em grave risco.

12.2.3 – A BOLA DE FOGO DE PLASMA:

Nessa situação, o curto representado pelo fusível errado (ou pelo fio colocado em torno das conexões do fusível) e pelas pontas de prova é alimentado por uma quantidade quase ilimitada de energia. O elemento metálico do fusível (ou o fio) esquenta muito rapidamente e começa a vaporizar, causando uma pequena explosão.

No caso do fusível errado, o encapsulamento do mesmo pode estourar devido à força da explosão, encontrando uma quantidade ilimitada de oxigênio para abastecer a "bola de fogo" de plasma. Além disso, as pontas de prova também podem começar a derreter; logo você terá fogo e metal quente nas mãos, no braço, no rosto e na roupa. O tempo que a energia permanece aplicada ao testador, o oxigênio disponível e a presença de equipamentos de segurança, como o escudo facial e as luvas, determinam a gravidade das lesões.

Tudo isso ocorre em mili-segundos, e não há tempo para reagir ao erro. Se você tiver sorte, poderá ser jogado para longe dos fios e do testador, quebrando o circuito. Porém, não se pode contar com a sorte, principalmente quando você pode evitar o problema por completo, usando o fusível adequado.

12.2.4 – USANDO O FUSÍVEL ADEQUADO:

Fusíveis especiais de "alta energia" são projetados para manter dentro do encapsulamento do fusível a energia gerada por um curto elétrico desse tipo, protegendo o usuário contra choque elétrico e queimaduras.

Esses fusíveis de alta energia são projetados para limitar o período de tempo em que a energia é aplicada e restringir a quantidade de oxigênio disponível para a combustão. Os fusíveis não podem ser projetados para abrir somente a uma constante corrente especificada, devendo abrir também a uma corrente alta instantânea. Essa alta corrente é especificada como "corrente mínima de interrupção".

Se você pegar um medidor CAT III 1000 V com as pontas de prova nos conectores de corrente, terá uma resistência em série de aproximadamente 0.1 ohms (0.01 para o shunt, 0.04 para os condutores de teste e 0.05 para o fusível e os condutores da placa de circuito) entre os condutores. Quando você coloca acidentalmente os condutores em uma fonte de 1.000 volt, de acordo com a Lei de Ohm, você gera uma corrente de 10.000 ampéres (E/R=I, 1.000/0,1 = 10.000). Você precisa de um fusível que quebre a corrente - e rápido. Além de ter um elemento de fusível especial, o fusível de alta energia é cheio de areia. A areia não só ajuda a absorver a energia do choque - por meio da explosão do elemento; além disso, as altas temperaturas (até 10.000 °F) geradas pela energia derretem a areia, transformando-a em vidro. O vidro reveste o elemento e suaviza a bola de fogo, cortando o oxigênio disponível, evitando danos a você e ao testador.

Como se pode perceber, nem todos os fusíveis com o mesmo valor de tensão e corrente são iguais. Para a sua própria segurança, é necessário se certificar de que os fusíveis que você usa são os que foram projetados para o testador.

Sempre consulte o manual ou o fabricante do testador para se certificar de que o fusível que você usa é o correto.

Não se arrisque em áreas de CAT III e IV sem as pontas de prova corretas e seus EPIs

12.2.5 – O SISTEMA DE TESTE:

As pontas de prova não servem apenas para conectar o testador ao circuito - eles também o protegem contra possíveis riscos que você talvez nem imagine. Esse artigo explica as diversas características que afetam a capacidade da ponta de prova para proteger você contra os perigos inerentes à medição elétrica.

Provavelmente você já ouviu a frase "**A qualidade de um sistema é igual à qualidade do elo mais fraco!**". Essa frase é muito adequada para designar o uso seguro do seu equipamento de teste. Um testador, como um multímetro digital, é projetado como um sistema completo – isso significa que o testador, as peças passíveis de troca e os acessórios foram projetados para funcionarem juntos, como uma unidade completa. Isso se aplica não só aos recursos funcionais do sistema, mas também - e mais importante - aos recursos de segurança. Ao escolher um testador que tem uma classificação específica e usá-lo para medir um barramento de 600 V, qual é o nível da sua proteção contra os riscos existentes no ambiente?

O testador pode indicar que tem uma classificação adequada para o ambiente em que você está trabalhando - e as pontas de prova, como ficam? Se você está usando pontas de prova que NÃO vieram com o produto, a sua segurança pode estar comprometida. Mesmo que as pontas de prova tenham vindo junto com os produtos - eles estão em dia com os padrões atuais?

12.2.5.1 – QUAL É A DIFERENÇA DAS PONTAS DE PROVA?

Nem todas as pontas de prova são iguais. O fato de acumular pontas de prova ao longo dos anos e misturá-los com as pontas de prova mais novas e fortes que temos na atualidade é muito comum. As pontas de prova, assim como os próprios testadores, foram atualizadas para se adequar aos novos padrões estabelecidos para os ambientes elétricos atuais. Esses padrões exigem que o isolamento entre o material condutor da ponta de prova e os seus dedos tenham uma distância mínima para afastar os riscos existentes no ambiente em que você trabalha.

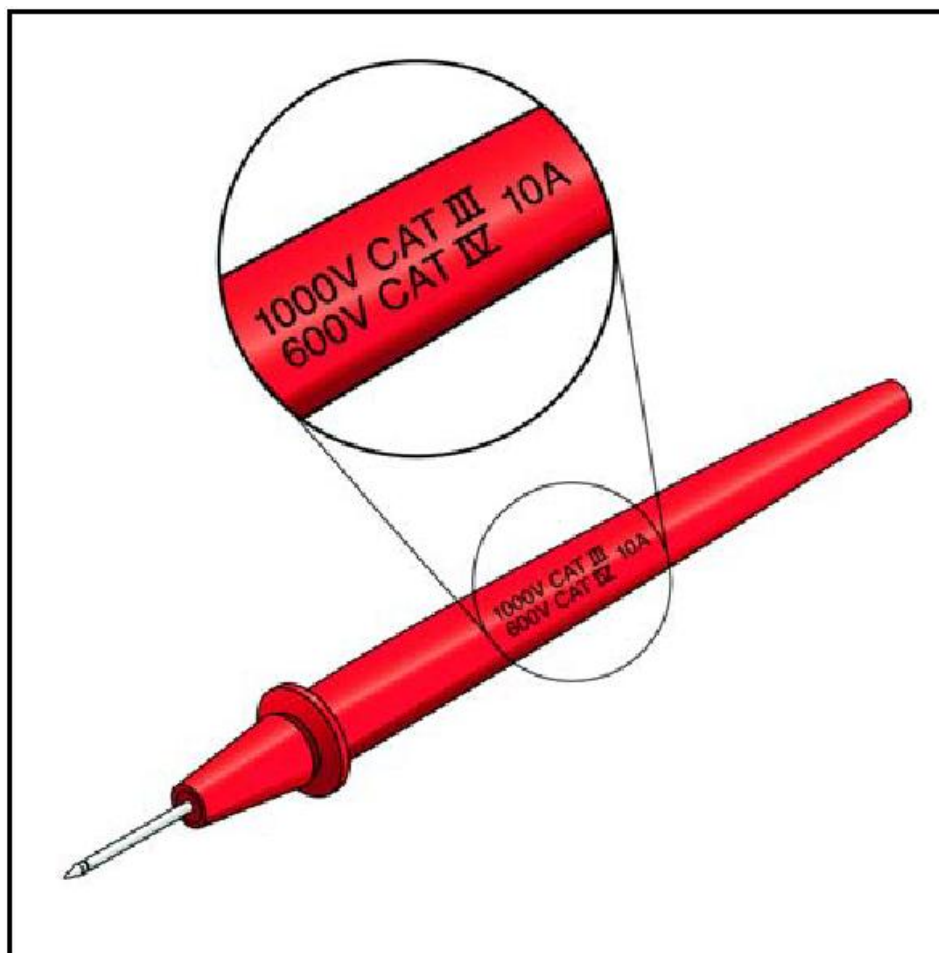
Também deve haver uma proteção para os dedos na parte externa ponta de prova que estabeleça a distância adequada entre os seus dedos e as partes metálicas da haste que ficam expostas. As distâncias e os valores de isolamento foram predeterminados para cada categoria de instalação e valor de tensão.

12.2.5.2 – ESCOLHENDO AS PONTAS DE PROVA ADEQUADAS:

Depois de identificar a categoria de instalação e a tensão com a qual você irá trabalhar, é fácil escolher o testador adequado para o ambiente.

Entretanto, certifique-se de a capacidade das pontas de prova que você usará com o testador seja igual ou superior à capacidade do testador. Por exemplo: se você pretende medir um circuito de 600 V, pode usar um multímetro digital nessa medição. Todos os produtos dessas séries têm classificação dupla   1000 V CAT III (o ambiente do exemplo) e 600 V CAT IV.

Embora o equipamento tenha uma indicação clara da classificação de segurança, as pontas de prova têm a mesma classificação? Se a classificação das pontas de prova do equipamento não for igual ou superior à classificação do testador, você está colocando o testador (e, mais importante, você mesmo) em perigo.

As pontas de prova que você acumulou em anos anteriores podem não ter sido projetados com a espessura de isolamento necessária para os ambientes elétricos atuais. Além disso, as pontas de prova sofrem desgaste e mau uso, que podem facilmente danificar o isolamento. Por exemplo: pontas de prova que foram prensadas em uma porta de painel ou torcidas por causa de curvas acentuadas têm a capacidade de isolamento reduzida, são pontos de desgaste. Pontas de prova rachadas, prensadas ou muito sujas devem ser descartadas e trocadas por pontas de prova novas.

12.2.6 – EVITANDO OS 10 ERROS COMUNS AO TESTAR ELETRICIDADE:

A pressão para terminar o trabalho dentro do prazo ou fazer com que um equipamento de missão crítica volte à atividade pode provocar descuidos e erros incomuns até mesmo dos eletricistas mais experientes. A lista a seguir foi feita para servir como um lembrete rápido daquilo que não se deve fazer ao medir eletricidade.

1 – Trocar o fusível original por um fusível mais barato;

Se o seu multímetro digital cumpre com os padrões atuais de segurança, esse dispositivo é um fusível especial de areia, projetado para estourar antes que a sobrecarga chegue às suas mãos. Ao trocar o fusível do seu equipamento certifique-se de usar um fusível autorizado.

2 – Usar um pedaço de fio ou metal para "desviar" totalmente do fusível;

Isso pode parecer um bom e rápido reparo para situações em que você não tem um fusível extra, mas é esse fusível que pode protegê-lo de um pico de energia.

3 – Usar uma ferramenta de teste inadequada para a tarefa;

É importante que o equipamento seja adequado para o trabalho a ser feito. Certifique-se de que a ferramenta de teste tenha a classificação correta de categoria para cada trabalho que você faz, mesmo que isso exija a troca de equipamentos ao longo do dia.

4 – Escolher o equipamento mais barato;

Afinal, você pode atualizá-lo depois, não é? Talvez não, se você sofrer um acidente porque a ferramenta barata na verdade não tinha os recursos de segurança que afirmava ter. Procure testes de laboratórios independentes.

5 – Deixar os óculos de segurança no bolso;

Tire-os do bolso e use os é importante. Isso vale também para as luvas com isolamento e a roupa à prova de fogo.

6 – Trabalhar em um circuito vivo;

Desligue o circuito sempre que possível. Se a situação exigir o trabalho em um circuito vivo, use ferramentas com isolamento adequado, utilize óculos de segurança, tire o relógio e as jóias, permaneça sobre um tapete isolado e use roupas à prova de fogo em vez de roupas comuns.

7 – Deixar de usar procedimentos adequados de lockout (bloqueio)/tagout (colocação de avisos);

8 – Ficar com as duas mãos no teste;

Não faça isso! Ao trabalhar com circuitos vivos, lembre-se de um velho truque dos eletricistas: ficar com uma das mãos no bolso. Isso diminui a possibilidade de fechar um circuito ao longo do tórax, passando pelo coração. Se possível, pendure ou apóie o medidor. Tente evitar segurá-lo nas mãos para evitar a exposição aos efeitos dos transientes.

9 – Menosprezar as pontas de prova;

As pontas de prova são um componente importante da segurança do equipamento. Além disso, certifique-se de que as pontas de prova correspondam ao nível de categoria do trabalho. Procure pontas de prova com isolamento duplo, conectores de entrada reforçados, proteção para os dedos e superfície que não escorrega.

10 – Continuar usando indefinidamente uma ferramenta de teste antiga;

As ferramentas de teste atuais, contêm recursos de segurança que antes eram desconhecidos e que justificam o custo da atualização do equipamento, além de serem muito mais baratos do que uma ida ao pronto-socorro.

13 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS:

Ribeiro, Giovani Costa; "Apostila Manutenção de Equipamentos Industriais – Bunge Alimentos".

Morán, Angel Vazquez; "Manutenção Elétrica Industrial".

WEG; "DT 7 - Manutenção Motores CA, CC e Geradores".

WEG; "DT 4 - Instalação e Manutenção de Motores CA".

WEG; "Manutenção de Transformadores a Seco e a Óleo".

VA TECH, "Disjuntores a gás SF6 – Tecnologias e Características".

Machado, José Vanderley; "Apostila Medidas Elétricas – SENAI Itajaí".

Ribeiro, Giovani Costa; "Apostila de ensaios em equipamentos elétricos de Média e Alta tensão – Refinaria IPIRANGA".

Silva, Paulo Ricardo Alágia – Ribeiro; Giovani Costa; "Manutenção Elétrica Industrial".